

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Analýza stávajících způsobů nastavení LED čipů vůči
reflektoru světlometu

Analysis of Current Methods of Adjustment the LED Chips to
the Headlamp Reflector

Student: Bc. Michal Doubravský, DiS.

Vedoucí diplomové práce: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Doubravský, DiS.**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: Analýza stávajících způsobů nastavení LED čipů vůči reflektoru
světloometu
Analysis of Current Methods of Adjustment the LED Chips to the
Headlamp Reflector

Zásady pro vypracování:

1. Teorie zobrazení zdroji světla.
2. Faktory ovlivňující kvalitu světelného obrazu.
3. Analýza rozdílů mezi jednotlivými koncepcemi.
4. Stanovení vlivů obrábění a montáže.
5. Zhodnocení a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DUŠÁK, K. *Technologie montáže. Základy*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2005. 116 s. ISBN 80-7083-906-6.
- [2] PETRŮ, J.; ČEP, R. *Základy montáže*. Ostrava : Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2012. s. 123. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [3] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [4] WHITNEY, Daniel E. *Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. Oxford : Oxford University Press, USA, 2004. 544 p. s. ISBN 978-01-951-5782-6.

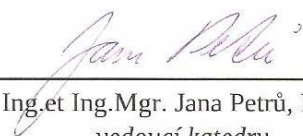
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

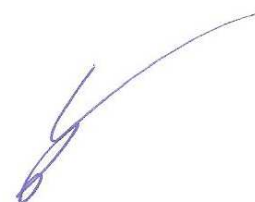
Vedoucí diplomové práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014





Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 19. 5. 2014



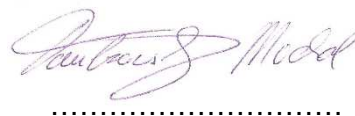
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Michal Doubravský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kosmonautů 25, 772 00, Olomouc

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DOUBRAVSKÝ, Michal. *Analýza stávajících způsobů nastavení LED čipů vůči reflektoru světlometu: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 56 s. Vedoucí práce: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá analýzou nastavení moderních zdrojů světla – LED vůči reflektoru ve světlometu automobilu. První část se věnuje teorii zobrazení zdroji světla obecně a faktory, které kvalitu světelného obrazu ovlivňují, mezi které patří i vliv obrábění a montáže komponentů, které se na tvorbě světelného obrazu podílejí. Další část se zaměřuje na srovnání a podrobnou analýzu jednotlivých konceptů, které se u moderních vozidel s LED světlometry aktuálně objevují a používají. Jsou analyzovány výhody i nevýhody použitých konceptů z hlediska konstrukce, výroby i montáže. Získané poznatky jsou zhodnoceny pro budoucí uplatnění v praxi.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

DOUBRAVSKÝ, Michal. *Analysis of Current Methods of Adjustment the LED Chips to the Headlamp Reflector: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering , Department of Machining and Assembly, 2014, 56 p. Thesis head: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

This master thesis looks into analysis of adjustment modern light sources – LED to the reflector in headlamp. The first part of thesis is about light projection of light sources generally and about factors, which have influence for quality of light projection. Among these factors are machining and assembling of components, which participate light projection too. Second part compares and analysis concepts of full LED headlamps, which are used in modern cars. Analysis of advantages and disadvantages was done, which means construction, production and assembly as well. Summary of knowledges should be usable for future practice.

Obsah

	strana
Seznam zkratk a symbolů:	8
Úvod	10
1 Teorie zobrazení zdroji světla	11
1.1 Definice světla, základní fyzikální veličiny	11
1.2 Zdroje světla v automobilovém průmyslu	13
1.2.1 Žárovka	13
1.2.2 Výbojka	14
1.2.3 LED	15
2 Faktory ovlivňující kvalitu světelného obrazu.	18
2.1 Přenos světelného obrazu na vozovku	18
2.1.1 Parabolický reflektor	18
2.1.2 Komplexní reflektor	18
2.1.3 Elipsoidní reflektor	19
2.2 Legislativa	20
2.3 Vyhodnocení světelného obrazu	23
3 Analýza rozdílů mezi jednotlivými koncepcemi	26
3.1 Audi A3 koncept	26
3.2 Audi A6 koncept	29
3.3 BMW F30 koncept	32

4	Stanovení vlivů obrábění a montáže.....	34
4.1	Vlivy obrábění.....	34
4.1.1	RPS systém.....	37
4.1.2	Příklad návrhu RPS systému mezi chladičem LED a reflektorem.....	38
4.2	Vlivy montáže	41
4.2.1	Příklad postupu montáže podsestavy tlumeného světla	43
5	Zhodnocení a doporučení pro praxi	52
6	Závěr	53
7	Použitá literatura.....	55

Seznam zkratk a symbolů:

Zkratka:	Popis:
c	Rychlost světla ve vakuu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].
CFD	Computational Fluid Dynamics - počítačová analýza k simulacím chování systémů (proudění tekutin, vzduchu, sdílení tepla atd.).
DE	Dreiachse Elipsoid - reflektor s projekční optikou.
E	Intenzita osvětlení, lux [lx].
EHK	Evropská hospodářská komise.
ES	Standardizační směrnice řešící oblast osvětlení vozidel v EU.
f	Frekvence, hertz [Hz].
FF	Free Form - reflektor tvořen volnými plochami, fazetami.
HDG	Hell - Dunkel - Grenze - Rozhraní mezi světlem a tmou.
I	Svítivost, kandela [cd].
K	Kontrast, procento [%].
L	Jas, kandela na metr čtvereční [$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$].
LED	Light Emitting Diode - Světlo emitující dioda.
Ma	Utahovací moment šroubu, newton metr [Nm].
Me	Točivý moment dosednutí hlavy šroubu, newton metr [Nm].
Mf	Točivý moment utváření závitu, newton metr [Nm].
Mü	Točivý moment, při kterém dojde k poškození závitu, newton metr [Nm].
OLED	Organic Light Emitting Diode - Organická světlo emitující dioda.
ϕ	Světelný tok, lumen [lm].

PCB	Printed Circuit Board - deska plošných spojů
RPS	Reference Point System - Systém referenčních měřících bodů, podle kterých se kontroluje vzájemná poloha dílů v automobilu.
S	Plocha, metr čtvereční [m ²].
SAE	Society of Automotive Engineers - Standardizační směrnice řešící oblast osvětlení vozidel v USA.
λ	Vlnová délka, metr [m].
ω	Prostorový úhel, steradián [sr].

Úvod

Světlomet, tento prvek aktivní i pasivní bezpečnosti, už dávno neplní jen primární funkci osvětlení vozovky, ale podílí se na stylingu celého vozidla. Vytváří jeho charakter a stává se i hlavním poznávacím prvkem vozu a jednotlivých modelových řad.

Klasické zdroje světla, žárovky a xenonové výbojky, nahrazují moderní zdroje v podobě LED diod, které mají v dnešní době nejenom vysokou účinnost, ale jejich komponenty jsou tak malé, že dovolují konstruktérům a designérům realizovat požadovaný design světlometu ve větší míře než tomu bylo dříve. Vývoj v oblasti LED diod je velice rychlý a nároky na konstrukci a přesnost výroby neustále stoupají. Jedním z velkých problémů dnešních světlometů složených z LED technologie je to, že světelný obraz se skládá z několika zdrojů světla a reflektorů. Všechny zdroje světla a reflektory musí být vůči sobě v tak přesné poloze, aby světelný obraz na vozovce splňoval všechny legislativní i kvalitativní požadavky. V této práci budou probrány produkty firmy Hella Autotechnik Nova s.r.o. v Mohelnici, která má v oblasti vývoje a výroby osvětlovací techniky pro automobily velké zkušenosti.

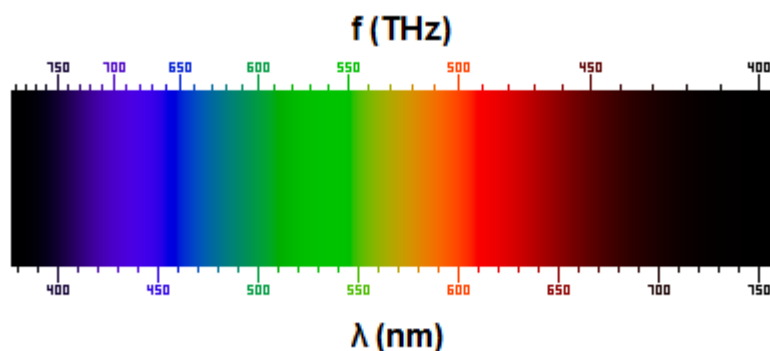
Cílem práce je analýza stávajících konceptů a způsobů nastavování LED čipů vůči reflektoru, jejich analýza z pohledu plnění optických požadavků, vyrobitelnosti, montovatelnosti, se zohledněním kritéria minimálních nákladů.

Firma Hella Autotechnik Nova s.r.o. byla založena v roce 1992 jako stoprocentní dceřiná společnost německého koncernu HELLA KGaA Hueck & Co. Strategickým rozhodnutím německého koncernu bylo následovat firmu Volkswagen do Česka a založit tady závod na výrobu osvětlovací techniky pro Škoda Auto, a.s. Tento cíl byl realizován v letech 1992 až 1994, kdy byl postaven závod a zavedena výroba světlometů, zadních svítilen, blinkrů a ostřikovačů světlometů pro vůz Škoda Felicia. Od roku 2001 se Hella v Mohelnici podílela stále větší mírou i na procesu vývoje výrobků. Z dosažených výsledků bylo rozhodnuto o zřízení uceleného vývojového centra včetně vývojových služeb, komplexního měření a testování výrobků. Mezi hlavní zákazníky mohelnické Helly patří Volkswagen, Audi, Škoda, Jaguar, Volvo, DAF, Scania a další.

1 Teorie zobrazení zdroji světla

1.1 Definice světla, základní fyzikální veličiny

Světlo je jedním z druhů elektromagnetického vlnění ve vymezeném intervalu. Za světelné vlnění – světlo, označujeme elektromagnetické vlnění o frekvenci $3,9 \cdot 10^{14}$ Hz (hertz – odvozená jednotka soustavy SI, vyjadřuje, kolik cyklických dějů se odehraje za sekundu) až $7,9 \cdot 10^{14}$ Hz nebo s vlnovou délkou 400 – 750 nm. Přesné hranice frekvence a vlnové délky viditelného světla se v různých zdrojích mírně liší. Pod hodnotou 400 nm se jedná o infračervené záření, nad hodnotou 750 nm je ultrafialové záření. Blízké infračervené záření mohou lidé pociťovat jako teplo, ultrafialové záření se může projevit pigmentací pokožky. [1] [2]



Obrázek 1 - viditelné spektrum světla [1]

Pro popis elektromagnetických vln používáme vztah:

$$c = f \cdot \lambda$$

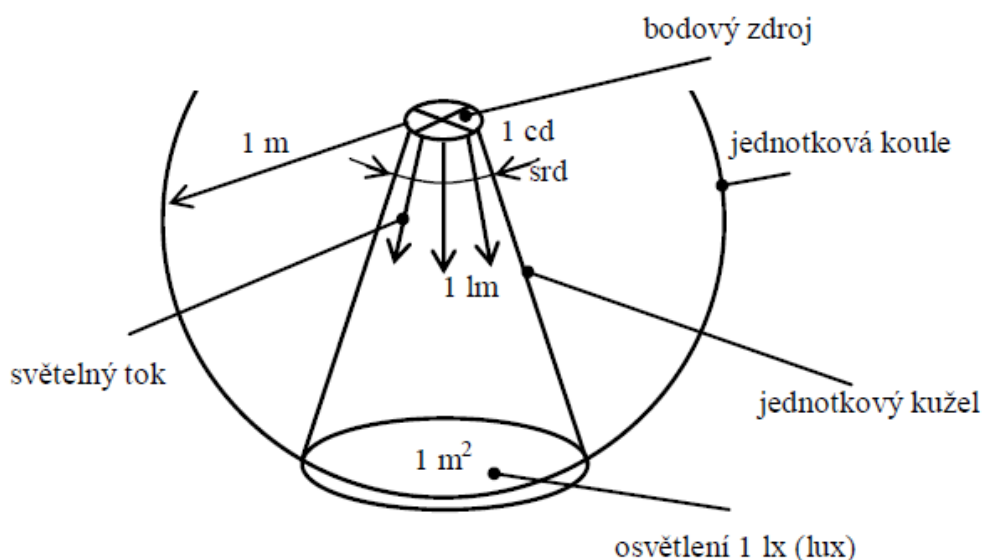
kde: c = rychlost světla ve vakuu, konstanta ($299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)

f = frekvence (počet opakování periodického děje za časový úsek)

λ = vlnová délka (nejmenší vzdálenost, na které dochází k opakování tvaru vlny)

[2]

Základní veličiny, které se používají při měření osvětlovací techniky, lze definovat takto:



Obrázek 2 - definice jednotek [1]

Světelný bodový zdroj se svítivostí 1 cd (kandela) umístěný do jednotkové koule vrhá světelný kužel o velikosti 1 sr (steradián) na vrchlík koule o ploše 1 m². Světelný tok o velikosti 1 lm (lumen) pak osvětluje tento vrchlík intenzitou 1 lx (lux).

Tabulka 1 – veličiny [3]

Veličina	Výpočet	Jednotka	Značka
Svítivost	$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$	Kandela	[cd]
Světelný tok	$d\Phi = I d\Omega$	Lumen	[lm]
Jas	$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha}$	Kandela na metr čtverečný	[cd/m ²]
Intenzita osvětlení	$E = \frac{\Phi}{S}$	Lux	[lx]
Kontrast (jasů)	$K = \frac{ L_a - L_b }{L_b}$	Procento	[%]

1.2 Zdroje světla v automobilovém průmyslu

1.2.1 Žárovka

Žárovka je zařízení, které přeměňuje elektrickou energii na světelnou. Základním principem je žhavení, nejčastěji wolframového, vlákna elektrickým proudem, který jím prochází. U automobilů se pro funkci dálkového a tlumeného světla používají žárovky halogenové.

Halogenová žárovka obsahuje stopové množství inertního plynu (obvykle krypton a xenon nebo směs těchto plynů) a halogenů (např. metyl jodid CH_3I , metylbromid CH_2Br_2 a další). Baňka je vyrobena z křemenného nebo tvrdého skla a minimální pracovní teplota žárovky je 250 °C. Skla s vysokou mechanickou a teplotní odolností dovolily zvýšit pracovní tlak plynné náplně. Pracovní tlak ve vypnutém stavu je několik barů, během svícení se ještě příslušně zvyšuje. To má příznivý vliv na snížení vypařování wolframového vlákna. Vypařující se wolfram má teplotu asi 3000 K a v místě baňky se při teplotě asi 1700 K slučuje s halogenem na příslušný halogenid wolframu. Ten difunduje zpět k vláknu, kde se rozpadá na wolfram a volný halogen. Uvolněný halogen se opět účastní reakce a atomy wolframu zvyšují tlak wolframových par v těsné blízkosti vlákna a omezují tím jeho vypařování. Výsledkem těchto reakcí je čistá baňka a delší životnost žárovky. V praxi má vliv na životnost žárovky i četnost jejího zapínání. Časté zapínání vede k dřívějšímu přepálení vlákna. U některých druhů jsou nanесeny na vnější baňku interferenční vrstvy, které propouštějí viditelné světlo a odrážejí infračervené záření zpět na vlákno, a zlepšují tak jeho energetickou bilanci. Výsledkem je vyšší výkon při zachování životnosti anebo zachování světelného toku při nižším příkonu. Tyto reflektorové žárovky jsou nazývány žárovkami se studeným nebo dichroickým zrcadlem. [4] [5]

Požadavky a vlastnosti halogenových žárovek:

- Konstrukce baňky ve tvaru válce podél osy vlákna, nejlépe odpovídá podmínce rovnoměrné teploty v baňce (nejčastěji průměr 7-10 mm).
- Pracovní poloha žárovky trubkového tvaru je vodorovná do odchylky max. $\pm 4\%$.
- Účinnost halogenových žárovek je cca 25 lm/W.
- Tuk nebo pot na povrchu skleněné části způsobuje krystalizaci materiálu a následně jeho zmatnění a popraskání.

- Spektrální složení světla je při vyšších teplotách blíže k modré barvě, přítomnost UV záření může způsobit destrukci některých plastových dílů světloometu. Proto se přidává do materiálu skla baňky UV filtr.

[4]



Obrázek 3 - Příklady žárovek. Zleva H7, H11, HB3. [7]

1.2.2 Výbojka

Zdrojem světla je hořící oblouk mezi elektrodami. Wolframové elektrody jsou od sebe vzdáleny 4,2 mm. Pro zapálení oblouku je třeba napětí asi 22 kV, provozní stabilizované napětí je většinou 85 V, k tomuto účelu slouží vysokonapěťový měnič. Světlo vzniká zářením par kovů (např. rtuť) a vzácných plynů (např. xenonu) a produktů štěpení halogenidů. [4]

Využitím dalších chemických prvků a sloučenin lze zlepšit vlastnosti vysokotlakého výboje a doplnit tak čárové spektrum rtuti. Vhodným výběrem prvků lze dosáhnout potřebného barevného spektra pro konkrétní potřeby osvětlení. Sodík, thalium, indium, galium, lithium apod., se vyznačují velmi intenzivními rezonančními čarami ve viditelné oblasti spektra. Jiné prvky mají velmi husté čárové spektrum v celé viditelné oblasti (například kovy vzácných zemin, jako holmium, thulium, skandium, neodym aj.), které při jejich odpovídající kombinaci s dalšími prvky zajišťuje velmi dobré podání barev osvětlovaných předmětů. V trubici výbojky je za studena tlak asi 0,7 MPa, pracovní tlak může být až 7 MPa. Některé prvky nemají při pracovní teplotě výbojky dostatečný tlak par a z toho důvodu i nízkou koncentraci při výboji. Další skupina prvků, například alkalické kovy, mají dostatečný tlak a koncentraci, ale jsou při vyšších teplotách agresivní ke sklu výbojky. Tyto problémy se řeší tak, že jsou prvky do výboje vnášeny v podobě jednoduchých chemických sloučenin, halogenidů. [4] [6] [3]

Vlastnosti xenonových výbojek:

- Účinnost světelného zdroje 55 – 85 lm/W.
- Spektrální složení vystupujícího záření je blízké dennímu světlu (5000 – 5500 K) a unavuje tak méně oči řidiče.
- Příkon 35 W (novější typy 25 W).

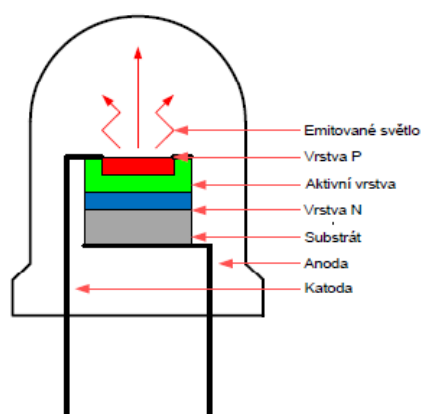
[4]



Obrázek 4 – Příklady xenonových výbojek. Zleva D1S, D2S, D3S. [7]

1.2.3 LED

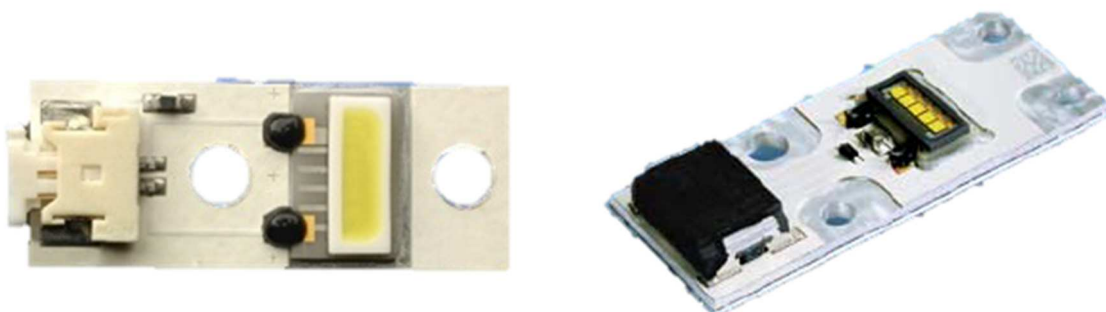
Světlo emitující dioda neboli LED, jsou polovodičové prvky emitující světelné záření. Princip fungování je takový, že LED je tvořena přechodem P – N a pokud jím prochází elektrický proud, přechod emituje nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Pásmo světla je závislé na chemickém složení použitého polovodiče. Z principu fungování vyplývá, že nelze vyzařovat přímo bílé světlo. Bílého světla se dosahuje použitím luminoforu a mícháním několika barev. [3] [8]



Obrázek 5 - princip funkce LED [9]

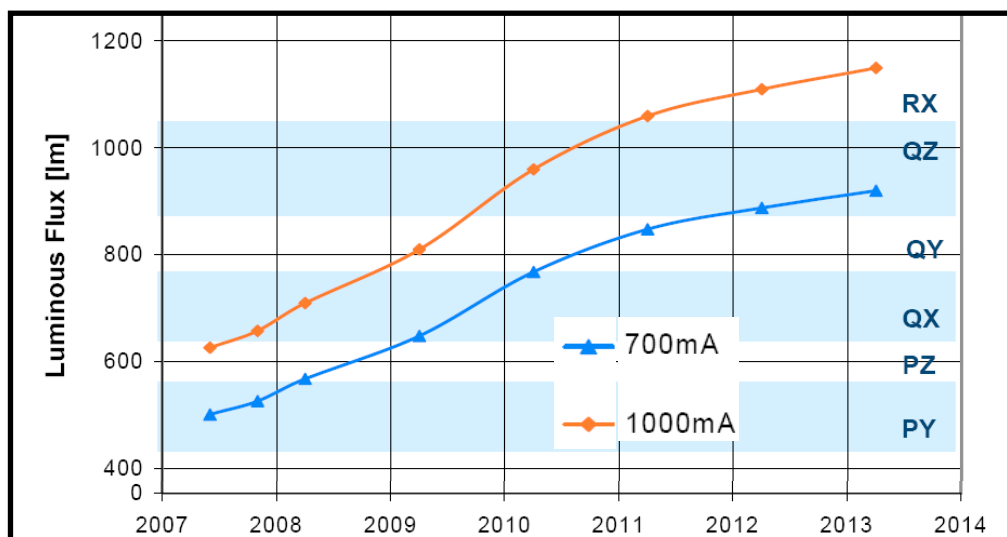
Další možností vzniku bílého světla je emitace ultrafialového záření, které je na čipu luminoforem transformováno na bílé světlo. [3]

Pro hlavní světelné funkce (tlumené a dálkové světlo) se používají LED s větším počtem čipů, tzv. Multichip LED (1 • 1 až 1 • 5). Světelný tok ~ 200 lm/čip.



Obrázek 6 - Multichip LED [16]

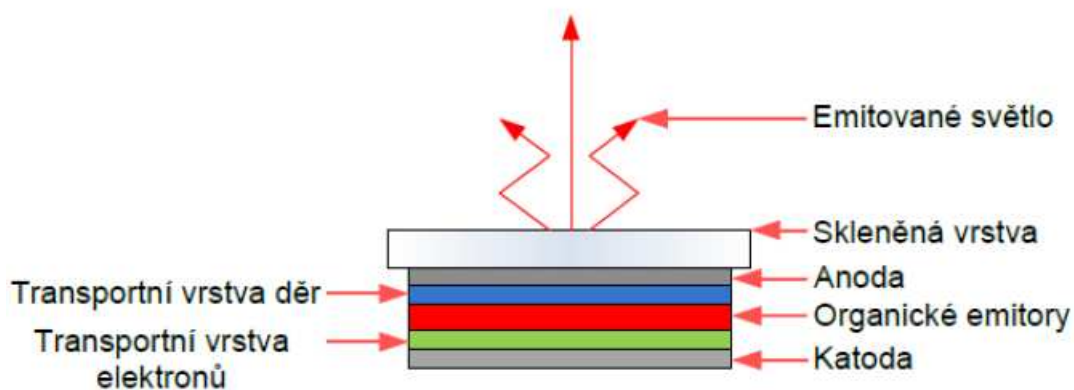
LED zdroje světla musí spolehlivě pracovat při okolních teplotách – 40°C až 60°C, ale ve světlometu při teplotě až 110°C. LED, na rozdíl od žárovek nebo výbojek, neuvolňují při svícení teplo do prostoru, ale do materiálu, na kterém jsou připevněné. Při vzrůstající teplotě klesá jejich světelný tok a mění se barevná teplota. Dobře chlazené LED mají životnost až 50 000 hodin, trvale přehřívané ~ 100 hodin. Konec jejich životnosti znamená pokles světelného toku o 20%. Z tohoto důvodu je nutné jejich účinné chlazení. [16]



Graf 1 - vývoj LED v oblasti světelného toku v závislosti na proudu [16]

Dalším vývojovým stupněm v této oblasti je OLED, organická světlo emitující dioda. Světelný zdroj je na bázi anorganické LED, ale pro generování světla se používá organický

materiál. Jsou tvořeny jednou či více organickými vrstvami na bázi skla nebo polymerů, substrátem, pouzdrem, transparentní a opačnou elektrodou. Když je na diodu přivedeno napětí, jsou vyvolány kladné a záporné náboje. Ty se spojují ve vyzařované vrstvě a tím produkují světelné záření. Mezi jejich největší výhodu patří tloušťka, která je jen několik tisícín milimetru. Výkonu klasických LED zatím ale nedosahují. [3] [8]



Obrázek 7 - struktura OLED [9]

Hlavní vlastnosti LED:

- V současnosti se jedná o nejmodernější zdroje světla.
- Náběh do plného světelného výkonu v řádu milisekund.
- Účinnost bílých LED přes 100 lm/W.
- Požadovaná barva světla bez použití filtrů.
- Barevná stálost světelného toku i při změně napětí.
- Mechanická odolnost vůči vibracím.
- Dlouhá životnost (50 000 hodin).
- Generované teplo se neuvolňuje do prostoru, ale do materiálu pod diodou.
- Světelný tok roste s proudem téměř lineárně.

[3] [8] [9]

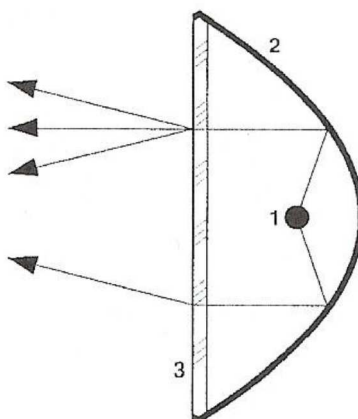
2 Faktory ovlivňující kvalitu světelného obrazu.

2.1 Přenos světelného obrazu na vozovku

2.1.1 Parabolický reflektor

Odrazová plocha reflektoru je tvořena povrchem rotačního paraboloidu. Takový reflektor má jedno ohnisko, v jehož blízkosti je umístěna žárovka. Paprsky světla jsou vyzařovány rovnoběžně přes optickou osu na krycí sklo světlometu, které obsahuje rozptylné dezény (klíny, válcové čočky, jejich kombinace) usměrňující světelný obraz na vozovku. [3]

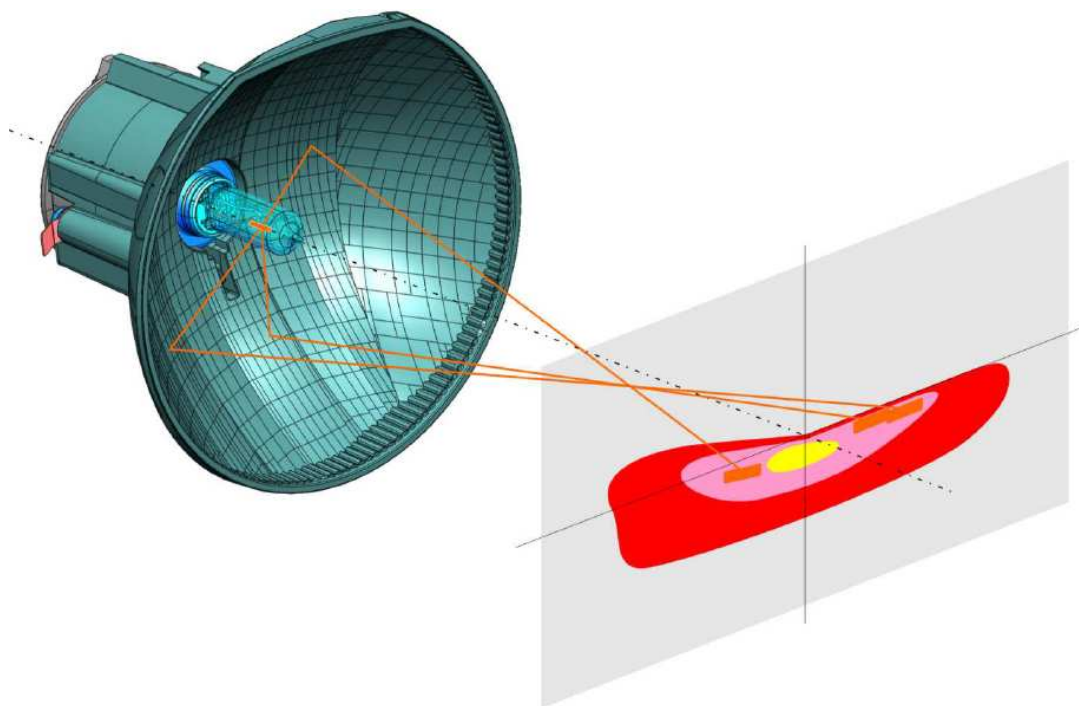
Konstrukčně se jedná o nejstarší typ, který se používá u osobních vozidel už jen zřídka. U současných tvarů přední části vozidla a krycích skel světel, které mají velký sklon, je téměř nemožné dosáhnout požadovaných optických parametrů.



Obrázek 8 - Parabolický reflektor. 1 - zdroj světla, 2 - reflektor, 3 - rozptylné sklo [10]

2.1.2 Komplexní reflektor

Tento reflektor obsahuje volné plochy, fazety, které odrážejí světelné paprsky do požadovaného místa, každá fazeta má exaktně definovanou funkci. Krycí sklo světlometu nemá při použití tohoto typu reflektoru žádnou optickou funkci. Rozložení světla je dáno pouze tvarem reflektoru. Světelná stopa reflektoru je superpozice jednotlivých obrazů vlákn. Návrh a výpočet optických ploch reflektoru se provádí za pomoci specializovaných softwarů, například Helios. Zdroji světla mohou být žárovky, xenonové výbojky i LED. [11]

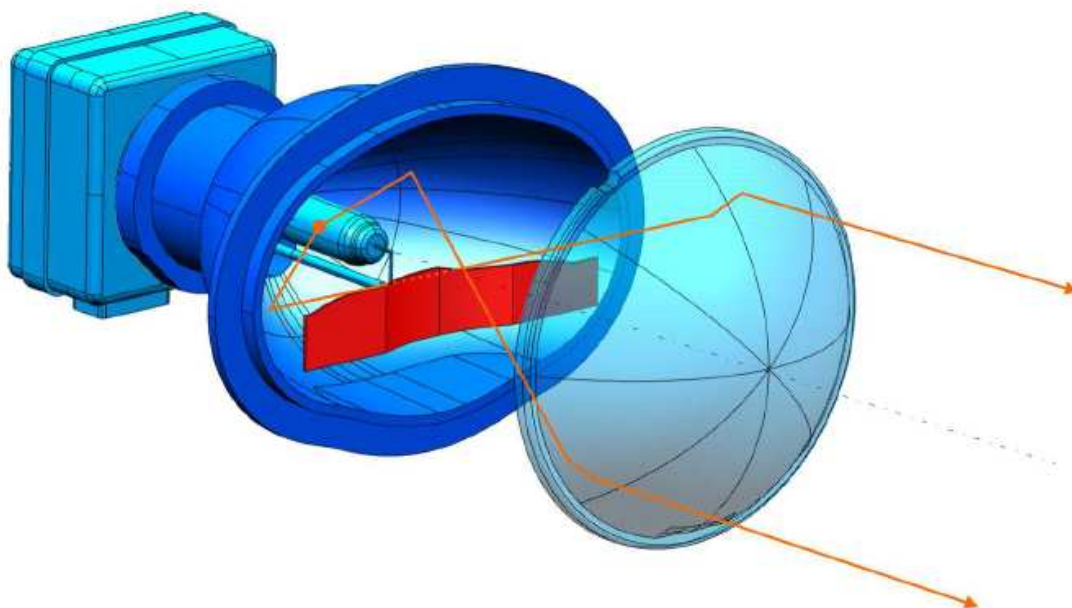


Obrázek 9 - princip komplexního reflektoru [11]

2.1.3 Elipsoidní reflektor

Elipsoidní reflektor je nazývaný také projekční systém, DE (Dreiachse Elipsoid), jelikož funguje na principu projekčního zařízení. Tvar reflektoru je trojrozměrný elipsoid, výhodou oproti parabolickému jsou menší rozměry a vysoký světelný výkon.

Princip funkce je takový, že světelný svazek paprsků z elipsoidního reflektoru, je soustředěn do druhého ohniska. Čočka má funkci jako projektor světelného obrazu, usměrňuje světelný tok do výstupního kužele v požadovaném směru. Mezi reflektorem a čočkou je clonka, jejíž kontura je promítána jako hranice světla a tmy (HDG) na vozovku. Zdroji světla u tohoto systému mohou být žárovky, xenonové výbojky i LED. [9] [11]



Obrázek 10 - princip funkce projekčního systému [11]

2.2 Legislativa

Podle rozdělení Evropské hospodářské komise při OSN (zkratka EHK) se předpisy pro automobilové součásti a příslušenství dělí do tří základních skupin:

- součásti pro aktivní bezpečnost
- součásti pro pasivní bezpečnost
- součásti pro ochranu životního prostředí

Většina předpisů, které se týkají osvětlení automobilu, patří do skupiny aktivní bezpečnosti.

- **EHK 7** – obrysové, doplňkové obrysové a brzdové světlo
- **EHK 8** – světlomety s žárovkou jinou než H4
- **EHK 19** – přední mlhové světlomety
- **EHK 20** – světlomety s žárovkou H4
- **EHK 38** – zadní mlhovka
- **EHK 48** – jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci

[12]

Existuje i soustava založená na Směrnici Evropské unie (směrnice ES), jež byly a jsou ratifikovány členy Evropského společenství.

Japonsko přistoupilo k procesu uznávání předpisů EHK.

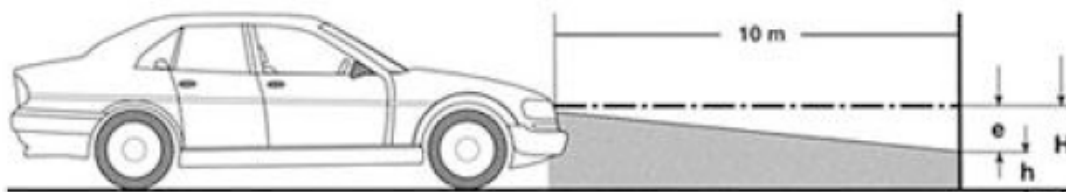
V USA je otázka osvětlení vozidel řešena federálním zákonem „Federal motor vehicle safety standard“ (označovaným také FMVSS 108), který se pro jednotlivé světelné funkce může odvolávat na normy Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE). [12]

Pro některé ostatní větší státy obecně platí, že jejich předpisy jsou odvozeny z předpisů EHK (ze směrnic ES) – Austrálie, Nový Zéland a Jihoafrická unie nebo z FMVSS 108 – Kanada. [12]

Podle zákona č. 56/2001 Sb. § 1 odst. 6 je světlomet konstrukční částí vozidla a tento musí být homologován nezávisle na vozidle, na všech světlometech se nachází symbol vyznačující jeho homologaci. Základní sklon potkávacích světlometů musí být vyznačen zřetelně na vozidle v blízkosti světlometu, na světlometu nebo v blízkosti štítku výrobce.

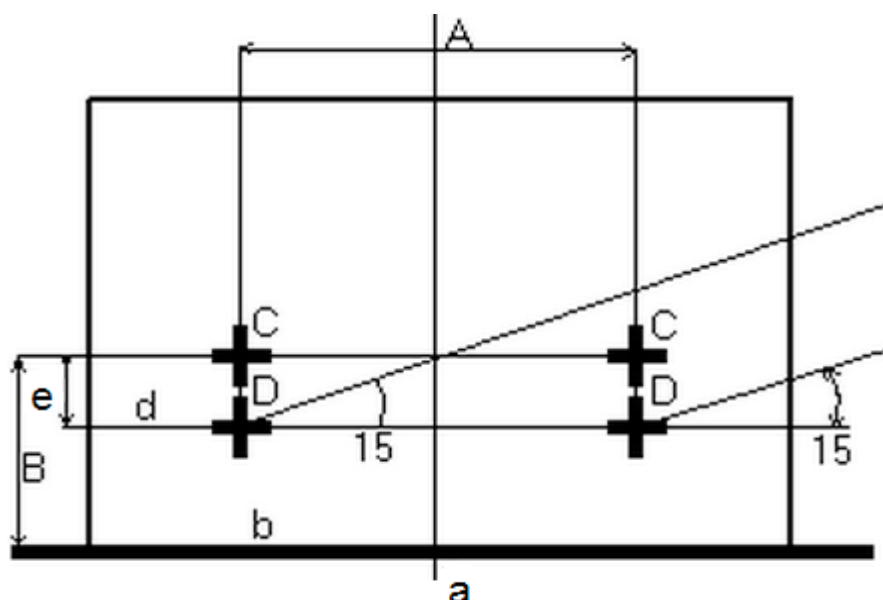
Dle EHK 48 má vypadat seřízení takto:

Světlomety se seřizují při rozsvícených tlumených světlech. Vyhláška stanovuje toleranci sklonu světelného paprsku mezi 1 – 1,5 % od vodorovné roviny procházející osou světlometů. Při využití maximálního dovoleného zatížení vozidla je tolerance sklonu 0,5 – 2,5 %.



Obrázek 11 - sklon světlometů [13]

Při sklonu světla například 1 %, je rozdíl „e“ mezi vodorovnou rovinou procházející osou světlometů a hranicí světelného obrazu 10 cm, což odpovídá sklonu $0,573^\circ$. Pro měření jsou definovány standardní podmínky jako vodorovná plocha, na které vůz stojí, tlak v pneumatikách a zatížení vozidla. Výška a úhel sklonu světelného obrazu se seřizují a vyhodnocují na svislé stěně nebo na specializovaném přístroji, regloskopu. [13]



Obrázek 12 - světelný obraz na svislé stěně [13]

a – podélná osa vozu

b – vodorovná rovina, na které vůz stojí

d – rozhraní světla a stínu (HDG) tlumeného světelného obrazu

e - vzdálenost mezi vodorovnou rovinou procházející osou světlometů a hranicí světelného obrazu

A – rozteč svislých os světlometů

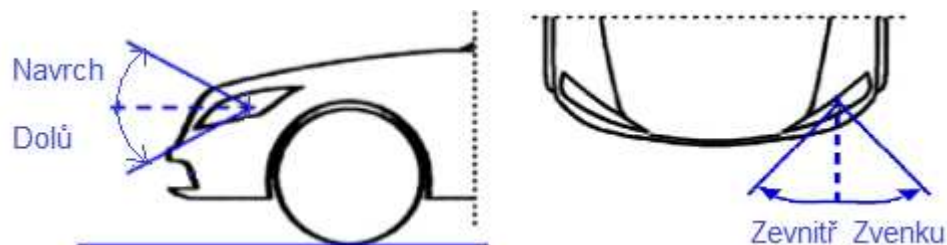
B – vzdálenost vodorovné osy světlometů od roviny, na které vůz stojí

C – bod středu světlometů

D – bod, ve kterém se světelný obraz tlumených světel lomí pod úhlem 15° (evropský standard, pravostranné řízení). Lomu se dosahuje vhodným tvarováním optických ploch komplexního reflektoru nebo tvarem clonky u projekčních systémů.

[13]

Požadavky na viditelnosti světla světlometu dle normy SAE a ECE:

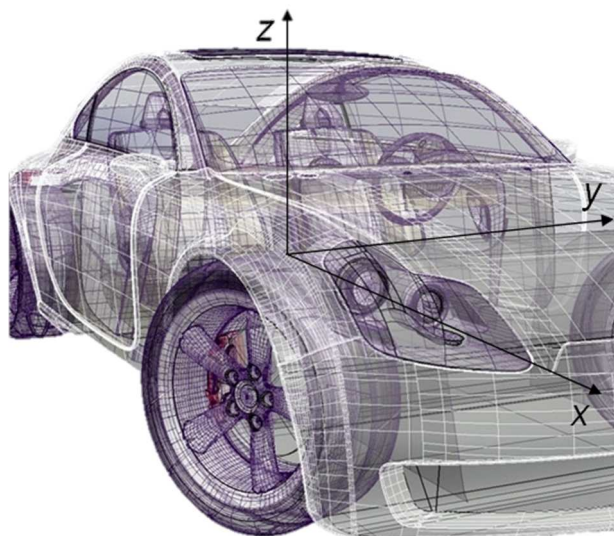


Obrázek 13 - legenda k viditelnosti [14]

Tabulka 2 – úhly viditelnosti světla [14]

Světelná funkce	Viditelnost světla ve stupních [°]							
	Navrch		Dolů		Zvenku		Zevnitř	
	ECE	SAE	ECE	SAE	ECE	SAE	ECE	SAE
Tlumené světlo	15	2	10	4	45	12	10	12
Dálkové světlo	5	2	5	4	5	-	5	-
Přední mlhové světlo	5	4	5	3	45	15	10	15
Přední ukazatel směru	15	10	15	10	80	80	45	45
Přední poziční světlo	15	10	15	10	80	80	45	45
Denní světlo	10	10	10	10	20	20	20	20

Při popisu jednotlivých konceptů se často setkáváme se souřadným systémem. Vozidlo jako těleso, se pohybuje v prostoru, který je popsán souřadným systémem s osami x, y, z. Absolutní systém vozu leží ve středu přední nápravy. Jednotlivé součásti vozidla používají stejně orientovaný souřadný systém. Osa „x“ tvoří podélnou osu vozu, osa „y“ příčnou osu a osa „z“ vertikální osu.



Obrázek 14 - souřadný systém vozidla [17]

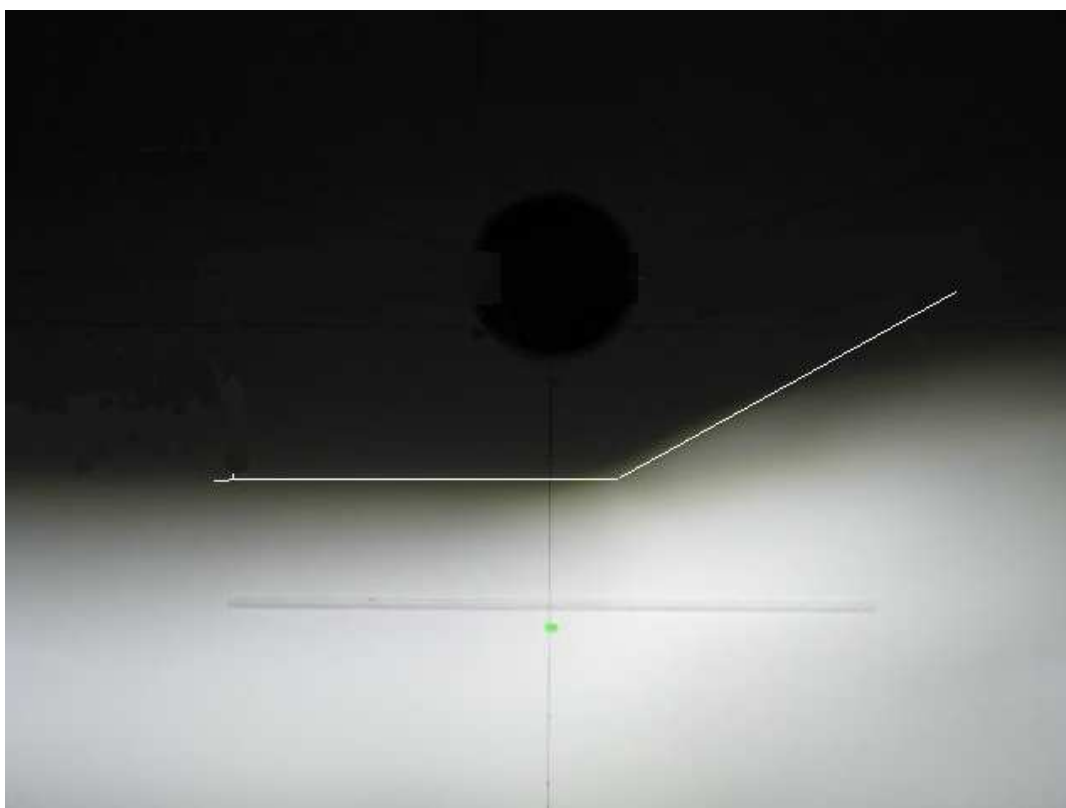
2.3 Vyhodnocení světelného obrazu

Kvalita světelného obrazu se vyhodnocuje z hlediska homogenity světelného obrazu osvětlené oblasti, ostrosti rozhraní světlo – tma (HDG), intenzity osvětlení a světelného toku. V současnosti se výrobci světlometů potýkají s problémy u světlometů, jejichž hlavní funkce (tlumené a dálkové světlo) jsou tvořeny komplexními reflektory se zdroji světla LED.

Zejména u tlumeného světla, na které se kladou větší nároky z hlediska legislativy (tvar světelného obrazu).

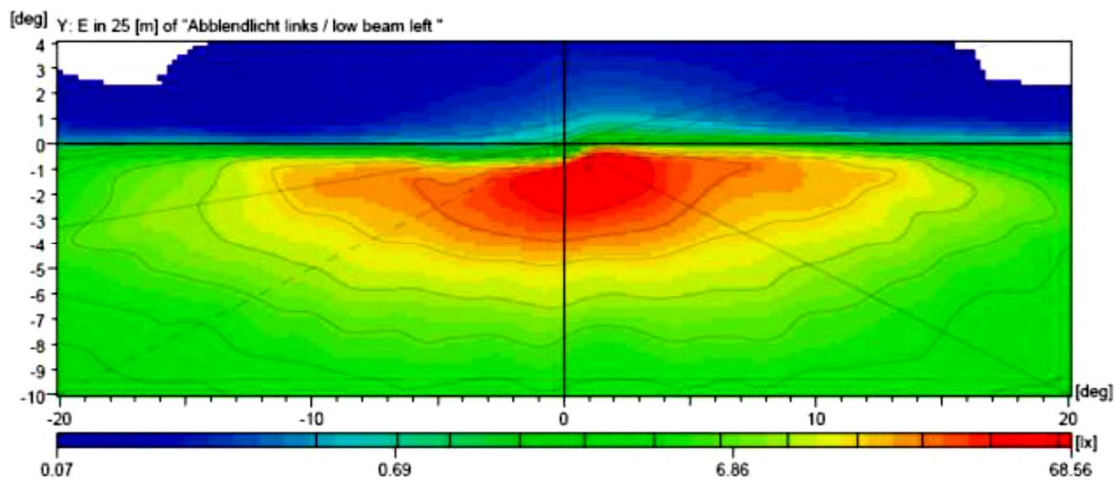
Důvody a faktory:

- LED – malý zdroj světla → malé ohniskové vzdálenosti. I nepatrné nepřesnosti komponent tvořících světelný obraz, mají velký vliv na výsledný obraz. RPS systém všech komponent musí být přesně a správně definován.
- Vysoké nároky na toleranční řetězec, který tvoří LED, chladič, reflektor, optické plochy, lakování, šrouby. Typické tolerance ve všech směrech jsou $\pm 0,25$ mm.
- Světelný obraz se skládá z několika zdrojů světla, které vůči sobě i reflektoru musejí být v přesně definované poloze.

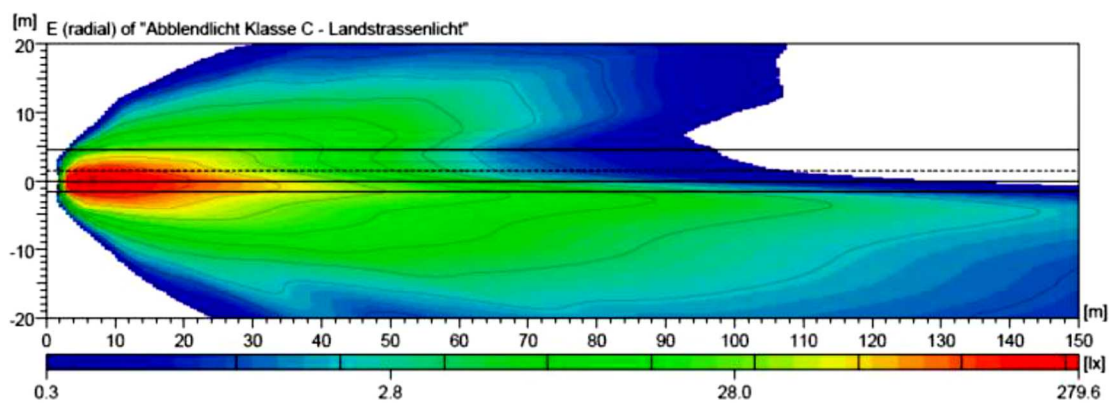


Obrázek 15 – reálný světelný obraz na svislé stěně

Příklad zobrazení a vyhodnocení světelného svazku tlumených světel na 25 m vzdálené svislé stěně a silnici.



Obrázek 16 – iso - luxový diagram světelného svazku - stěna [11]

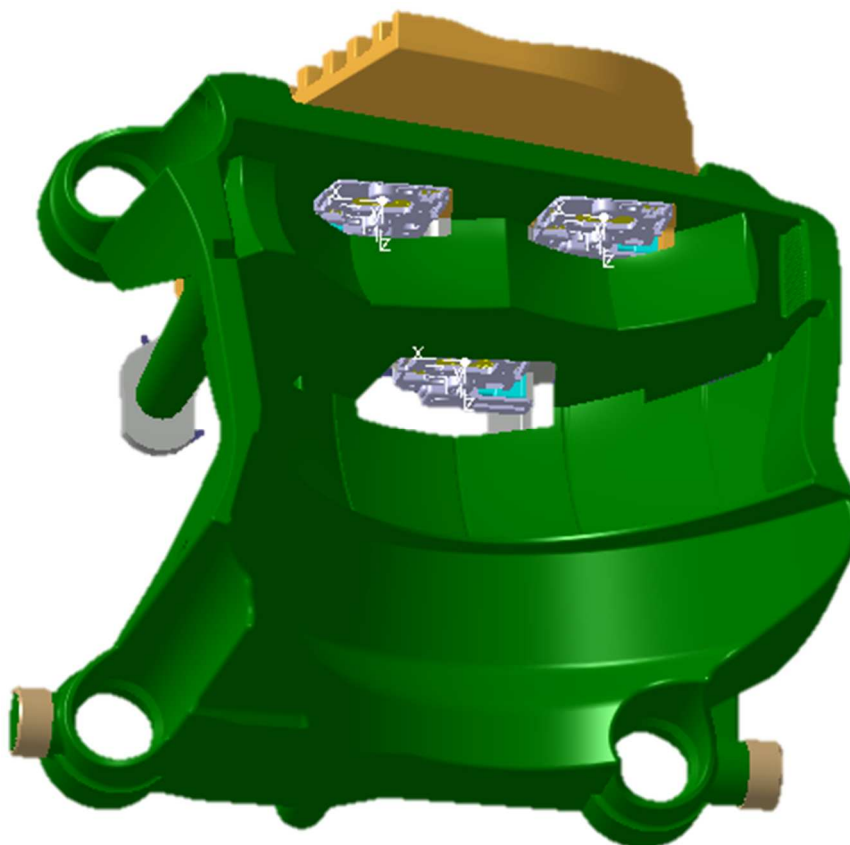


Obrázek 17- iso - luxový diagram světelného svazku – silnice [11]

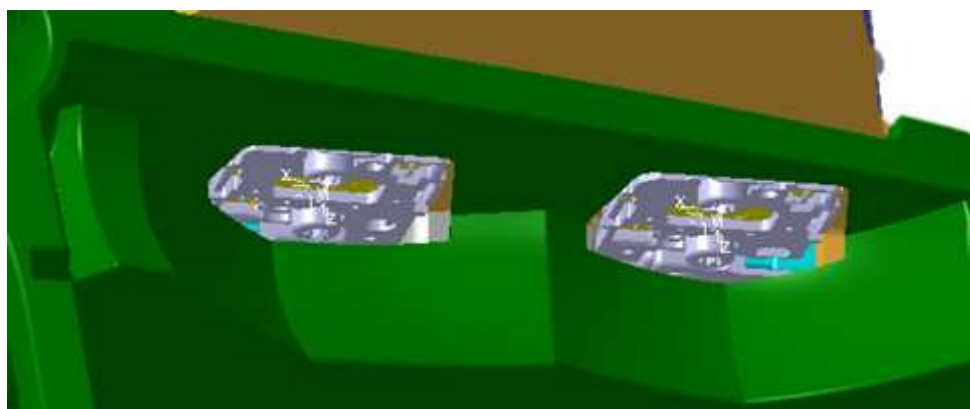
3 Analýza rozdílů mezi jednotlivými koncepcemi

3.1 Audi A3 koncept

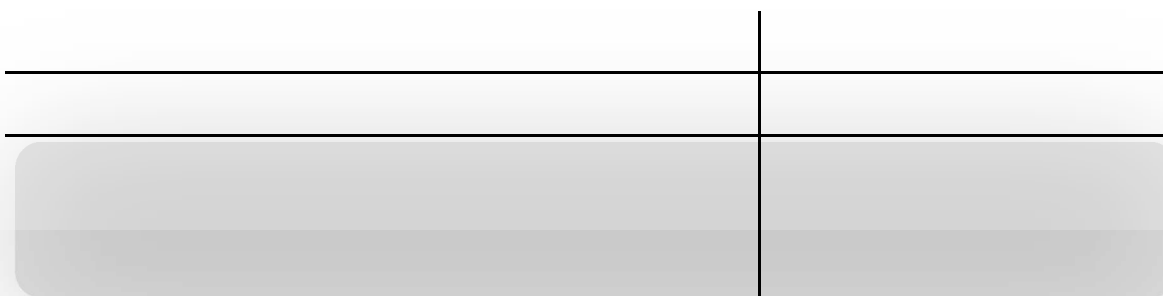
Řešení obsahující 1 FF reflektor (1 díl, členěný na dílčí reflektory), 2 samostatné chladiče z hliníkové slitiny a 3 zdroje světla pro vytvoření obrazu tlumeného světla.



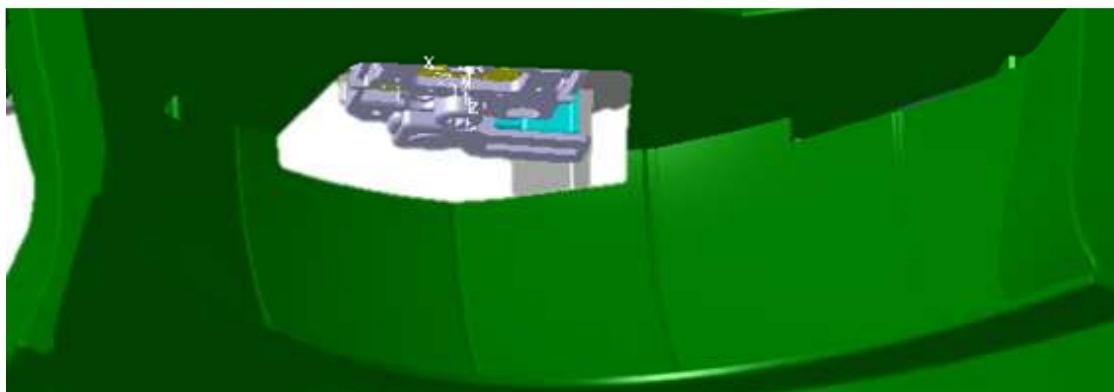
Obrázek 18 - koncepce fazetového reflektoru pro tlumené světlo



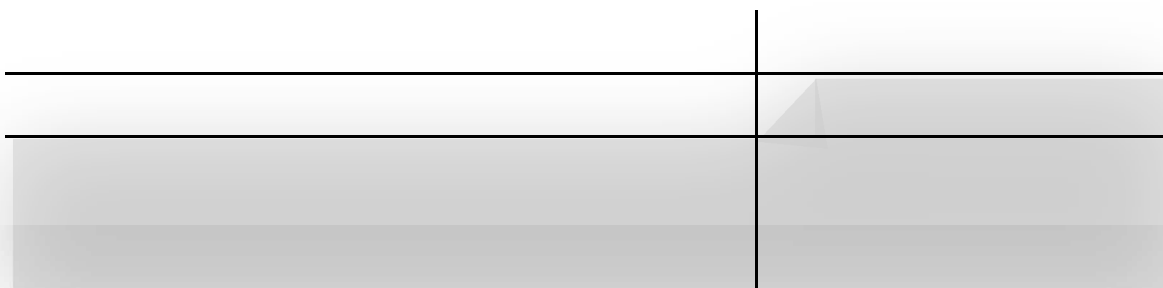
Obrázek 19 - 2 reflektory a 2 čipy tvořící vodorovnou část světelné stopy (symetrii)



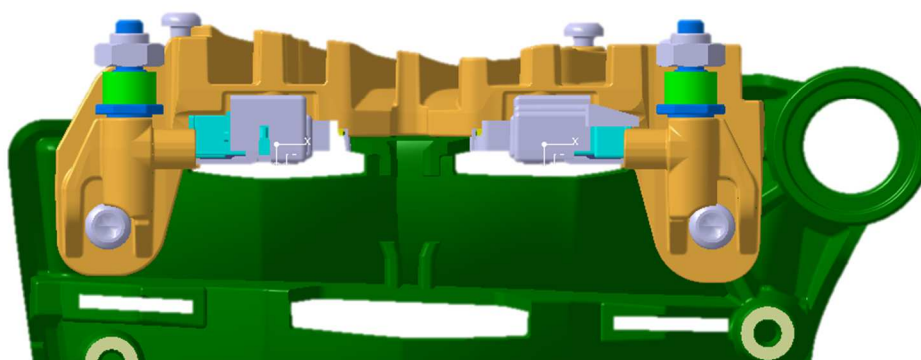
Obrázek 20 - znázornění vodorovné části světelné stopy (symetrie)



Obrázek 21 - reflektor a čip tvořící světelný klín (asymetrii)

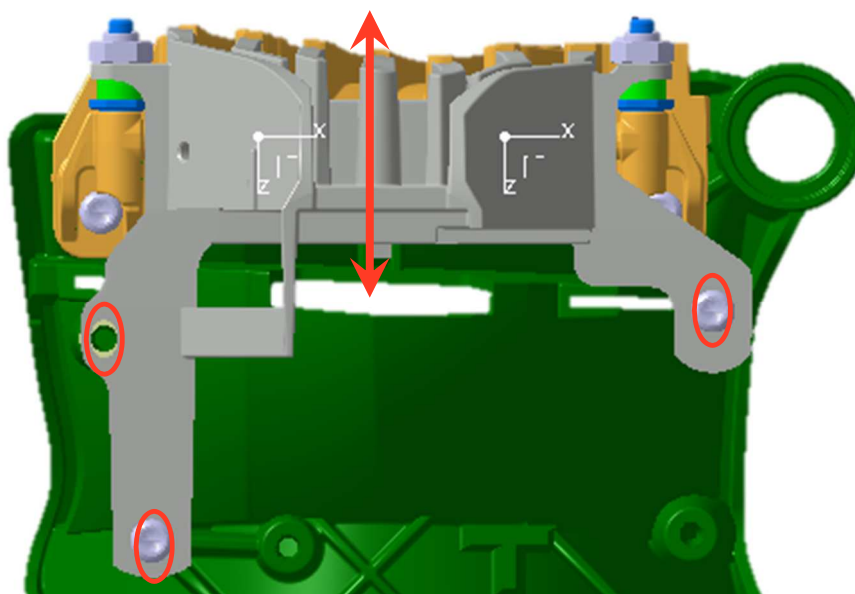


Obrázek 22 - znázornění obrazu světelného klínu (asymetrie)



Obrázek 23 - nenastavitelný chladič

Chladič s LED tvořící vodorovnou část světelné stopy je bez možnosti nastavení, pevná poloha vůči reflektoru, uchycení dvěma šrouby.



Obrázek 24 - chladič 3. LED čipu

Chladič 3. LED čipu je nastavitelný ve směru osy „z“. Umožnění pohybu díky oválným dírám v chladiči. Přichycení třemi šrouby. Čip netvoří pouze 15° světelný klín, ale i část horizontální hranice. Tento světelný obraz je nutno naladit vůči čipům, které tvoří jen horizontální hranici.

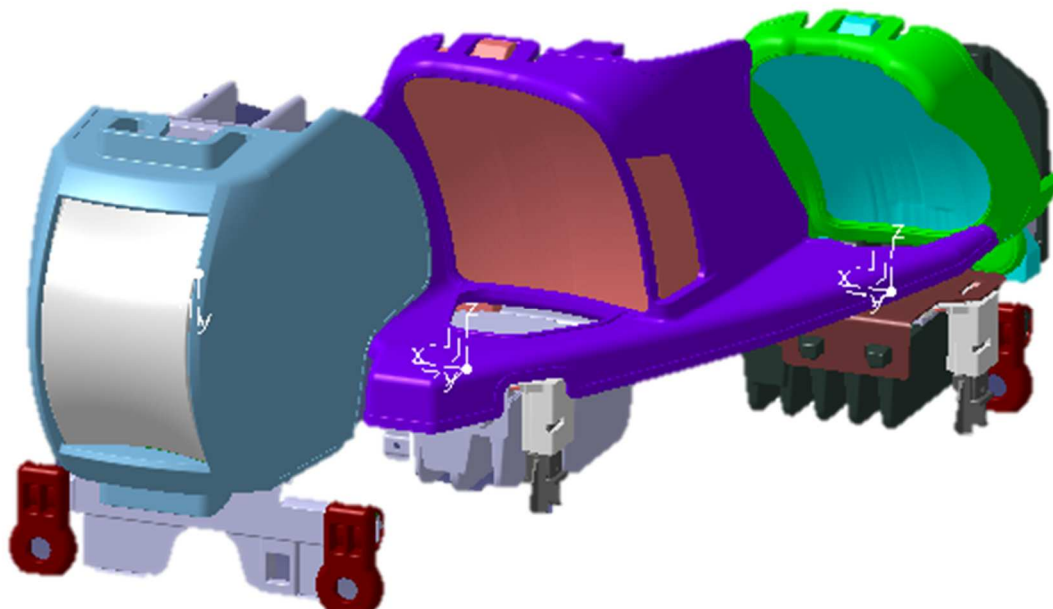
Výhodou tohoto řešení je, že se počítá s automatickým nastavováním při montáži na přístroji Visicon. To probíhá šroubováním 2 matic a stlačováním pružných podložek (na obrázku znázorněny světle zeleně) a tím pádem dochází k pohybu chladiče s LED v ose „z“. Správná poloha světelného obrazu je vyhodnocována kamerou, pak dojde k zafixování polohy utažením 3 šroubů chladiče.

Pro nastavení je nejprve nutné přejít referenční polohu. Následným povolováním matic se chladič díky pružným podložkám vrací zpátky, dochází k vyhodnocení polohy světelného obrazu a následnému dotažení 3 šroubů chladiče. Automatické nastavování v sériové montáži nakonec nebylo použito. Ukázalo se, že dochází k zadrhávání chladiče na závitech šroubů s maticemi a tím pádem i k neplynulému pohybu.

Časem bylo zjištěno, že optický koncept je náchylný i na tolerance ve směru „x“ a že výsledný světelný obraz nesplňuje požadavky na kvalitu zobrazení. Z toho důvodu byla nutná dodatečná úprava chladiče a reflektoru.

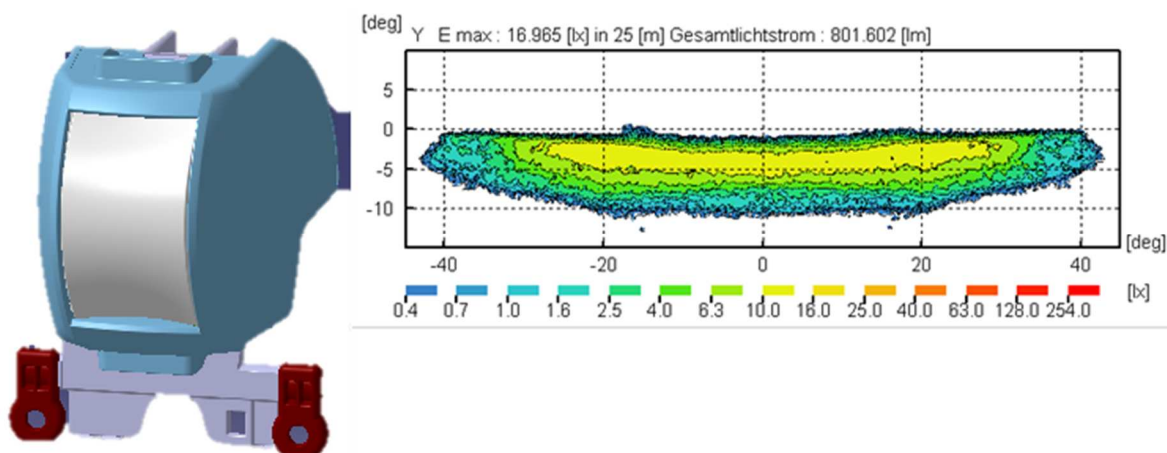
3.2 Audi A6 koncept

Řešení obsahuje 2 samostatné FF reflektory, každý s vlastním chladičem a zdrojem světla a 1 modul s optickou čočkou.

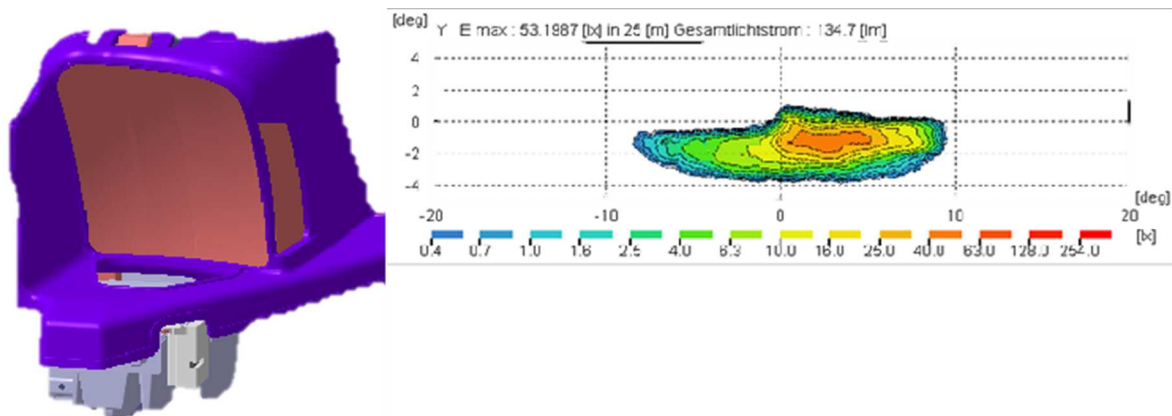


Obrázek 25 - samostatné reflektory tlumeného světla

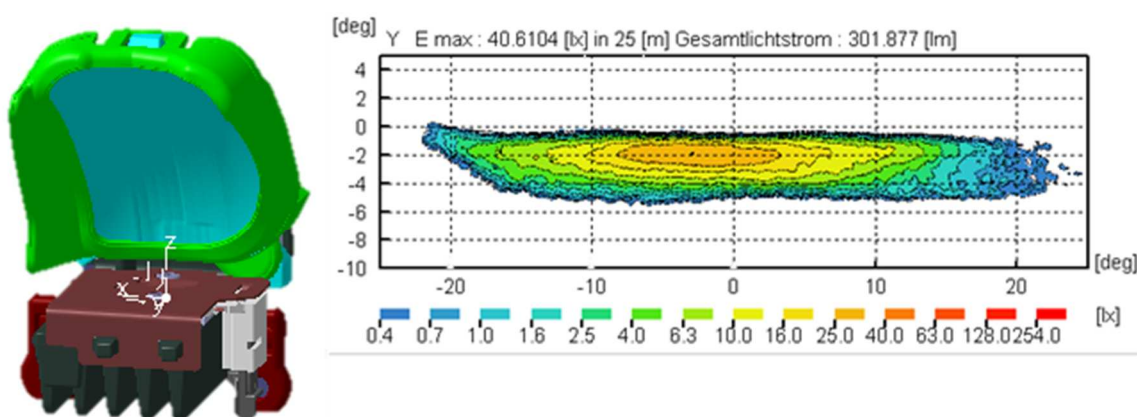
Každý z reflektorů vytváří jinou část světelné stopy, kterou můžeme znázornit i pomocí iso - luxového diagramu. Parametry světelného toku a intenzity osvětlení jsou pouze ilustrační.



Obrázek 26 - reflektor tvořící základní předpolí světelné stopy

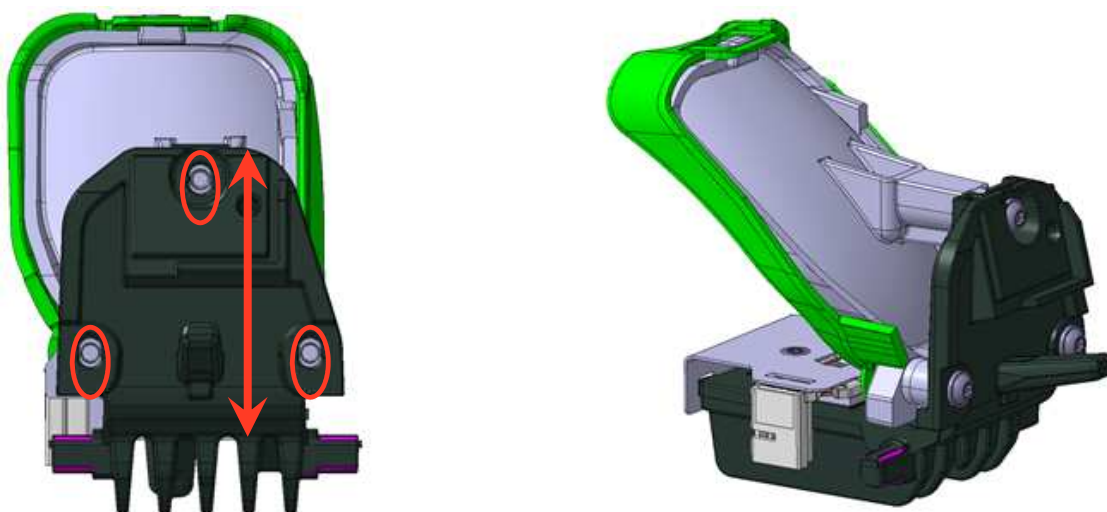


Obrázek 27 - reflektor tvořící světelný klín (asymetrii)



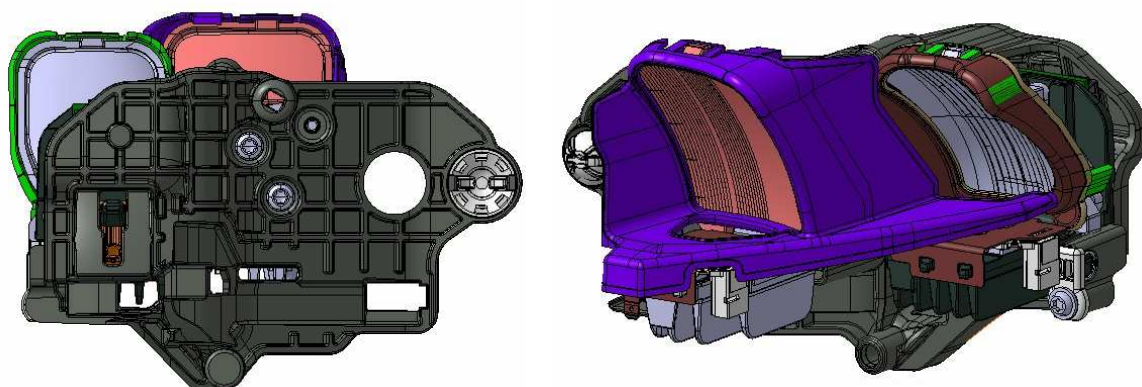
Obrázek 28 - reflektor dotvářející předpolí světelné stopy

Nastavení FF reflektoru vůči LED se provádí manuálně, pohybem ve směru osy „z“. Zajištění 3 šrouby. Modul s optickou čočkou je bez možnosti nastavení polohy.

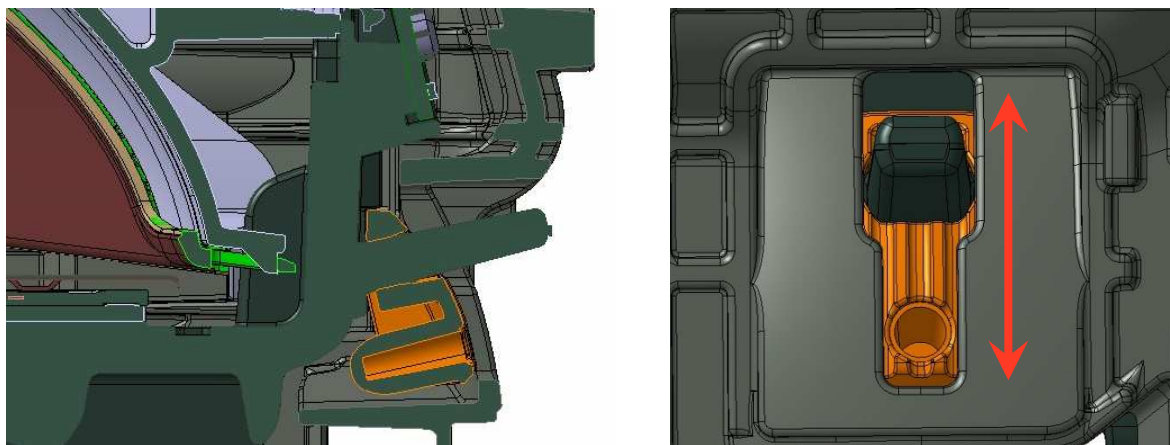


Obrázek 29 - nastavení reflektoru

Jelikož jsou reflektory samostatné, jsou umístěny na nosném rámu, kde vůči sobě musejí být vzájemně polohovatelné, aby se jednotlivé světelné obrazy reflektorů složily do jednoho výsledného. Reflektor tvořící světelný klín (asymetrii) je referenční a na nosném rámu nenastavitelný. Vůči němu se na nosném rámu přes kluzný element polohuje reflektor tvořící symetrii, pak dojde k jeho dotažení šroubem. Poslední zdroj (modul s optickou čočkou) dotvářející obraz tlumeného světla (základní předpolí), je umístěn společně s reflektory dálkového světla na jiném nosném rámu, který je celý nastavitelný vůči rámu s reflektory tlumeného světla.



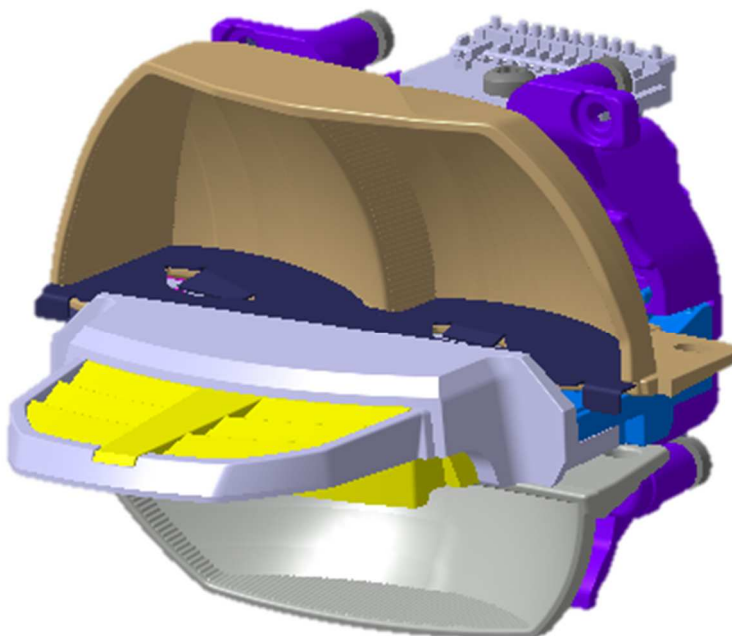
Obrázek 30 - reflektory spojené nosným rámem



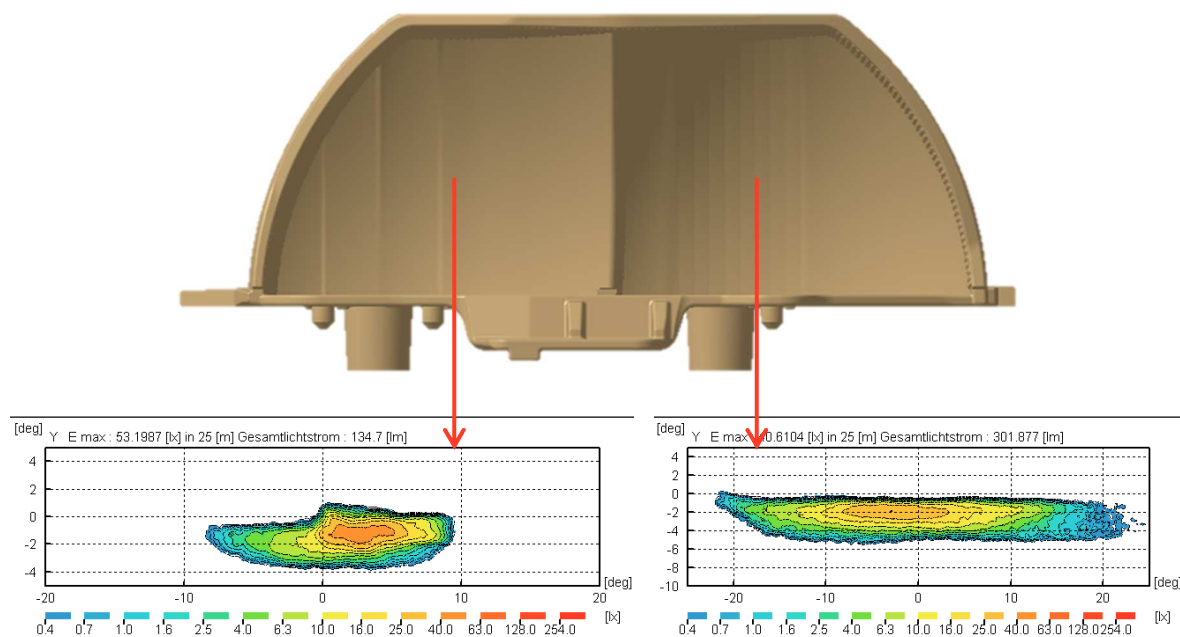
Obrázek 31 - polohování jednoho reflektoru vůči druhému

3.3 BMW F30 koncept

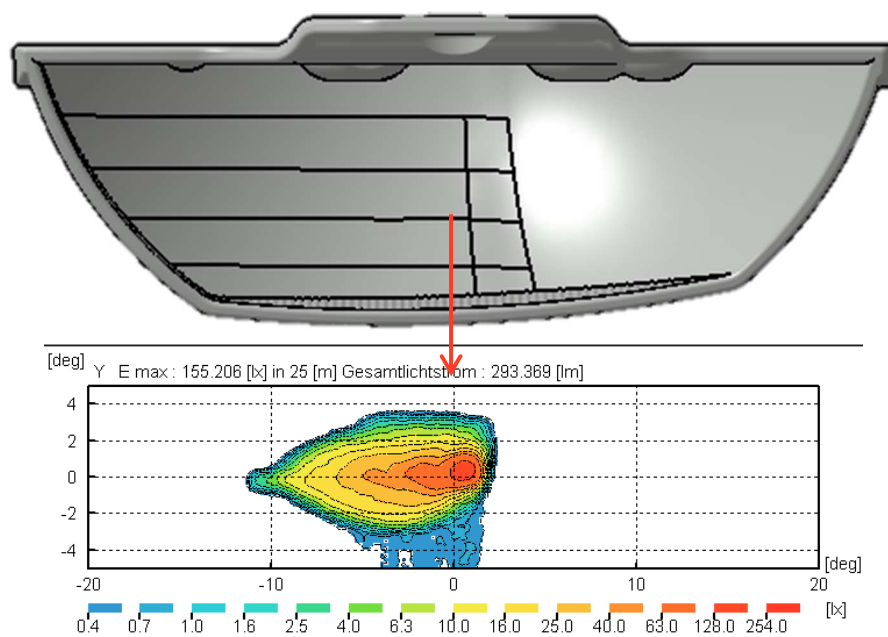
Řešení obsahuje 2 samostatné FF reflektory. Spodní – dálkový a tvořící vertikální hranici tlumeného světla a horní rozdělený na 2 komory – tlumený. 3 zdroje světla, společný chladič.



Obrázek 32 - koncepce fazetového reflektoru tlumeného světla

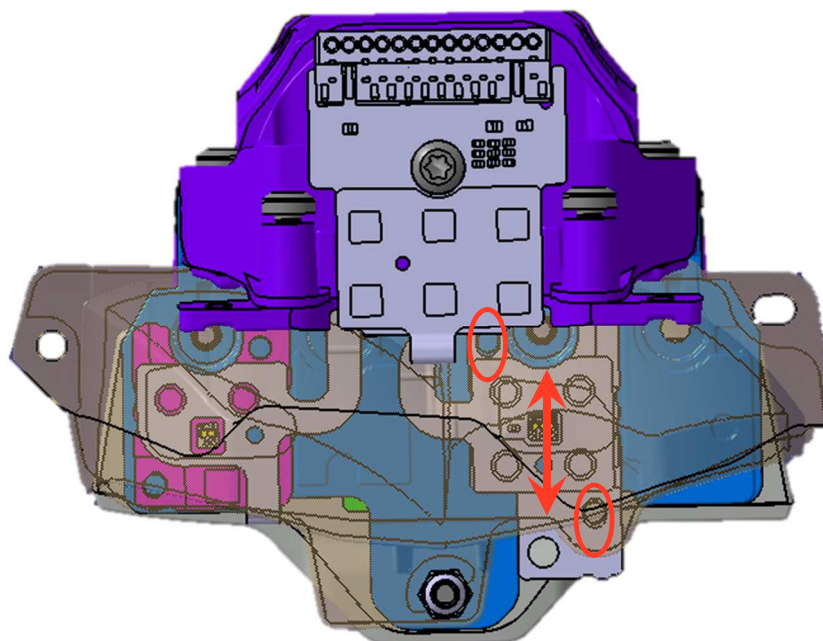


Obrázek 33 - reflektor tlumeného světla



Obrázek 34 - reflektor tvořící část obrazu tlumeného (vertikální hranici) i dálkového světla

U tohoto konceptu je zajímavé, že destičky plošných spojů s LEDkami nejsou přišroubované na chladiči, ale drží po přitažení chladiče a reflektoru mezi těmito součástmi, na přesně definovaných RPS bodech – zkrácení tolerančního řetězce. PCB s LED tvořící horizontální hranici (symetrii), je nastavitelné ve směru osy „x“. Více o nastavování tohoto konceptu je probráno dále v kapitole o montáži.



Obrázek 35 - reflektor s chladičem, pohled shora - nastavování

4 Stanovení vlivů obrábění a montáže

4.1 Vlivy obrábění

Jak již bylo napsáno, vysoce výkonné LED používané ve světlometu, potřebují pro zachování optimální životnosti velmi účinné chlazení. Pro odvod tepla slouží kovový chladič, jehož povrchová plocha je závislá na výkonu LED a CFD simulacích. Tvar chladiče je specifický pro daný světlomet a existuje několik způsobů jeho výroby. Odlitek vyrobený tlakovým litím hliníku, průtlačným lisováním, tažením, nebo tvarovaný plech, ze kterého je chladič složen.

Výhodou chladičů vyrobených tlakovým litím je, že jejich tvar a chladicí plocha mohou být individuálně přizpůsobeny volnému prostoru ve světlometu.

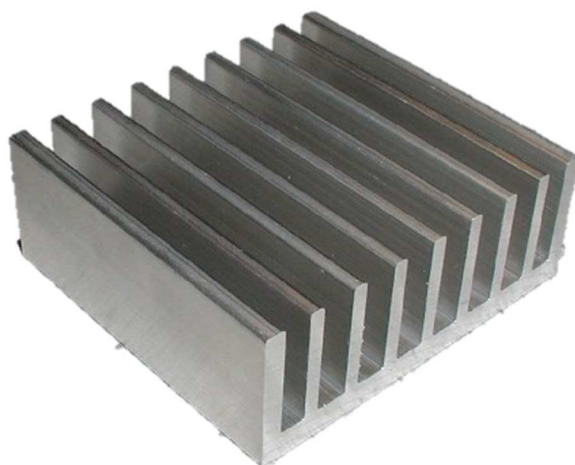
Chladiče vyráběné průtlačným lisováním nejsou vyráběny speciálně pro světlomet, ale mezi jejich výhody patří nízká cena surového výrobku.

Tažením vyráběné chladiče se vyrábějí z čistého hliníku a mají nejlepší tepelnou vodivost. Tímto způsobem lze vyrábět individuální tvary chladičů, jsou ale nejdražší, z důvodu ceny materiálu a nástroje.

Chladiče ze zohýbaných plechů jsou nejlevnější a nejjednodušší variantou. Chladicí schopnost ale není na úrovni výše popsanych metod a z toho důvodu nemohou být použity pro vysoce výkonné LED. Proces výroby je specifický pro danou aplikaci.



Obrázek 36 - chladič vyrobený tlakovým litím [18]



Obrázek 37 - chladičový profil vyrobený průtlačným lisováním [18]



Obrázek 38 - hliníkový chladič vyrobený tažením [18]



Obrázek 39 - chladič ze zohýbaných plechů [18]

Porovnání materiálů pro tlakové lití hliníku z hlediska součinitele tepelné vodivosti. Ta je definována jako výkon (teplo za jednotku času), který projde každým čtverečním metrem desky tlusté 1 metr, jejíž jedna strana má teplotu o 1 kelvin vyšší než druhá strana.

Tabulka 3 - materiály odlévaných chladičů [18]

Označení	Označení dle EU normy	Tepelná vodivost [W/m • K]	Komentář
AlSi10Mg(Fe)	EN AC - 43400	130 - 150	
AlSi12(Fe)	EN AC - 44300	130 - 160	Standardní materiál, odolný proti korozi.
AlSi9Cu3(Fe)	EN AC - 46000	110 - 120	
AlSi9Cu3(Fe)(Zn)	EN AC - 46500		
AlSi12Cu1(Fe)	EN AC - 47100	120 - 150	Pro tenkostěnné odlitky.
AlMg9	EN AC - 51200		Vysoká korozivní odolnost.
Aluminium (99,99%)		235	V tabulce pouze pro porovnání tepelné vodivosti.

Tabulka 4 - materiál pro výrobu chladičů tažením [18]

Označení	Označení dle EU normy	Tepelná vodivost [W/m • K]
Aluminium (99,5%)	EN AW - 1050A	229

Tabulka 5 - materiál pro výrobu chladičů průtlačným lisováním [18]

Označení	Označení dle EU normy	Tepelná vodivost [W/m • K]
AlMgSi0,5	EN AW - 6060	200 - 220

Při návrhu nového chladiče je třeba zohlednit kritéria jako: volný prostor pro chladič, chladičí koncept, materiál, použité LED, náklady na nástroj, střížný nástroj, následné obrábění ploch chladiče pro LED, popřípadě RPS bodů. Následnému obrábění je dobré se vzhledem k finančním nákladům vyhnout.

Pro tvorbu správného RPS systému chladiče, ale i reflektoru, je nutné brát v potaz optický koncept jako celek a určit, které tolerance mají největší prioritu. To znamená, který směr (x, y, z) a která úhlová odchylka potřebuje nejprísnější tolerance. V tomto směru je pak vhodné LED vůči reflektoru nastavovat.

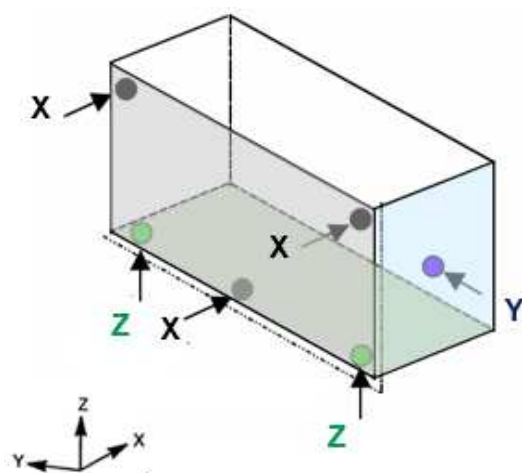
4.1.1 RPS systém

RPS je systém referenčních bodů, které umožňují jednoznačné ustavení (určení) jednotlivých dílů nebo sestav dílů v prostoru. To znamená, RPS umožňuje definovat jednoznačnou pozici dílů v souřadném systému i vůči sobě navzájem. RPS je nezbytný pro reprodukovatelný, věrohodný a způsobilý proces, který je minimálně ovlivňován lidským faktorem. [19]

RPS je využíván během celého procesu vývoje a výroby. Při vývoji je důležitý jeho správný návrh. Při výrobě slouží například pro ověřování charakteristických rozměrů nástroje pomocí referenčních bodů. Při montáži je využíván pro sestavování jednotlivých dílů a v neposlední řadě pro jednoznačné ustavení výrobku při jeho měření.

Pro jednoznačné určení tělesa v prostoru je třeba odebrat všech jeho 6 stupňů volnosti (3 translace a 3 rotace). Definuje se maximálně 6 bodů – pravidlo 3 – 2 – 1.

Popis pravidla 3 – 2 – 1:



Obrázek 40 - pravidlo 3 – 2 – 1 [19]

Primární reference – 3 X

- Translace v X
 - Rotace kolem Y
 - Rotace kolem Z
- } Odebrány 3 stupně volnosti.

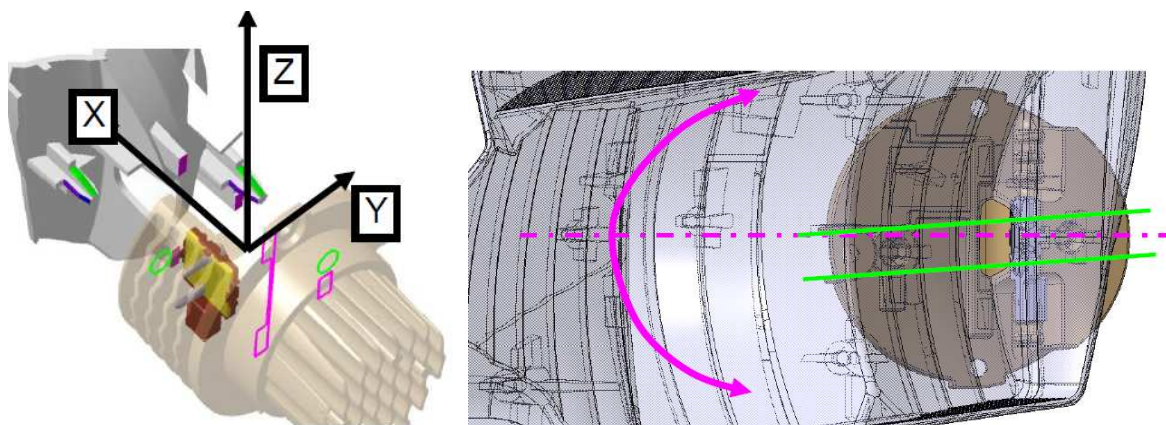
Sekundární reference – 2 Z

- Translace v Z
 - Rotace kolem X
- } Odebrány 2 stupně volnosti.

Terciární reference – 1 Y

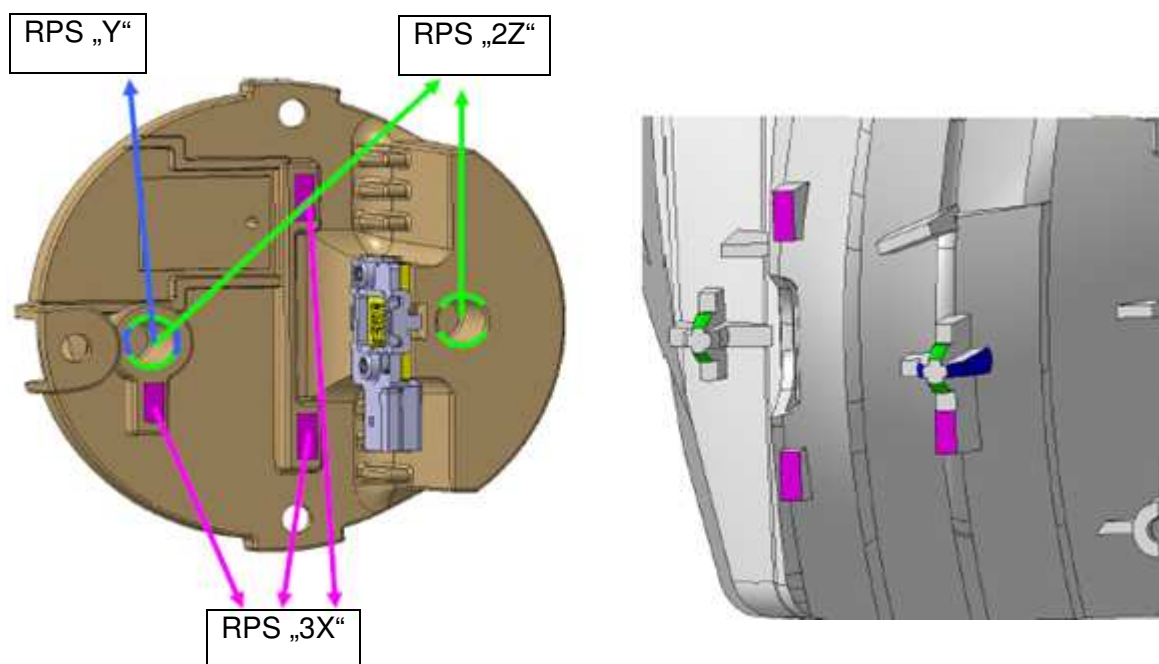
- Translace v Y
- } Odebrán 1 stupeň volnosti.

4.1.2 Příklad návrhu RPS systému mezi chladičem LED a reflektorem



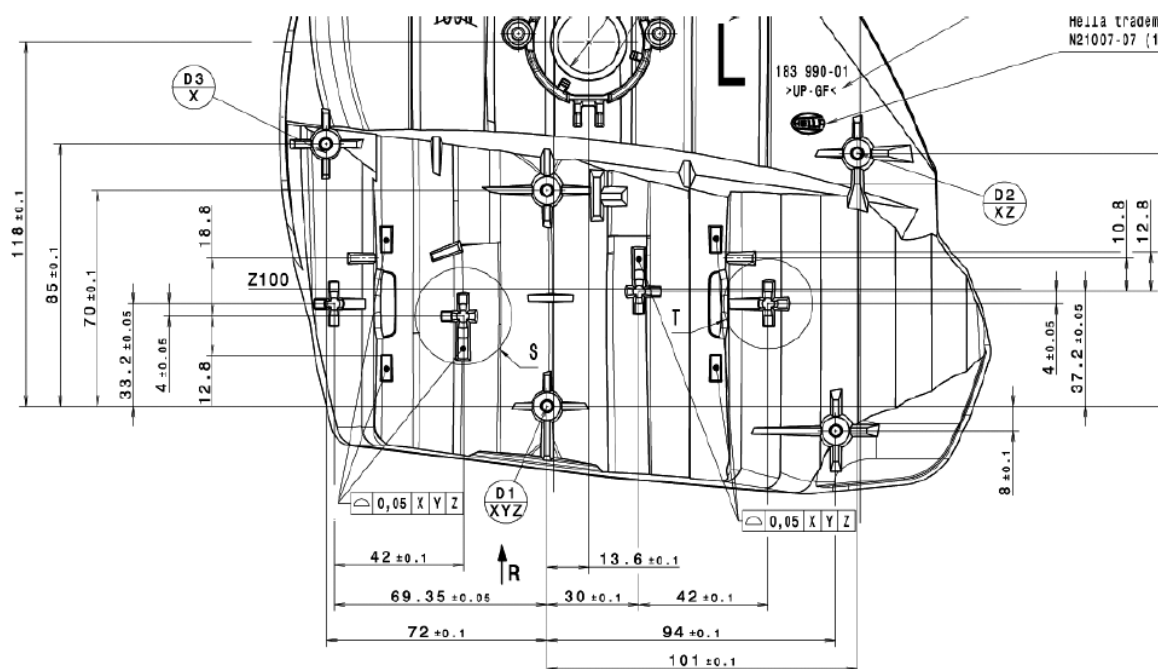
Obrázek 41 - DAF - reflektor, chladič

U tohoto systému byla vyhodnocena jako nejkritičtější rotace chladiče kolem své osy
=> definování 2 hlavních RPS bodů ve směru „Z“.

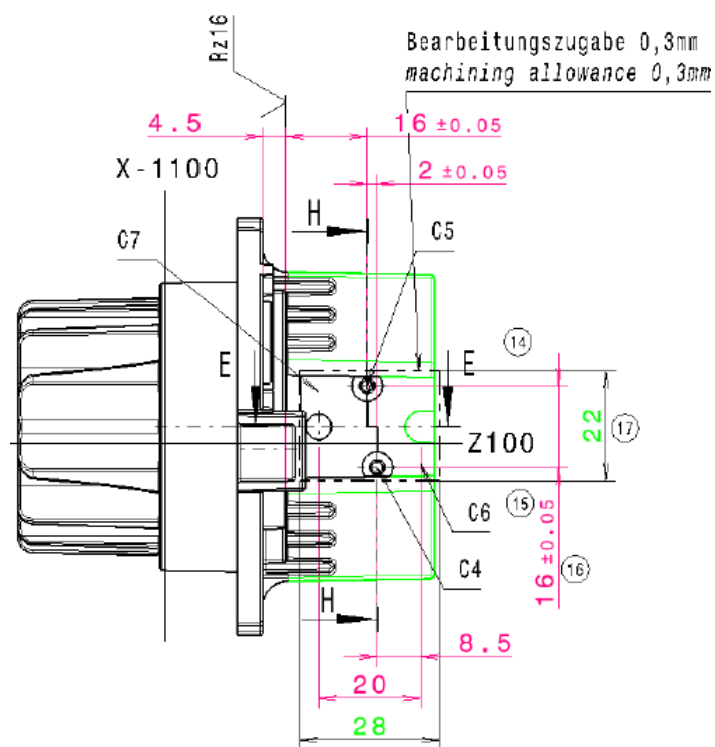


Obrázek 42 - RPS body - chladič, reflektor

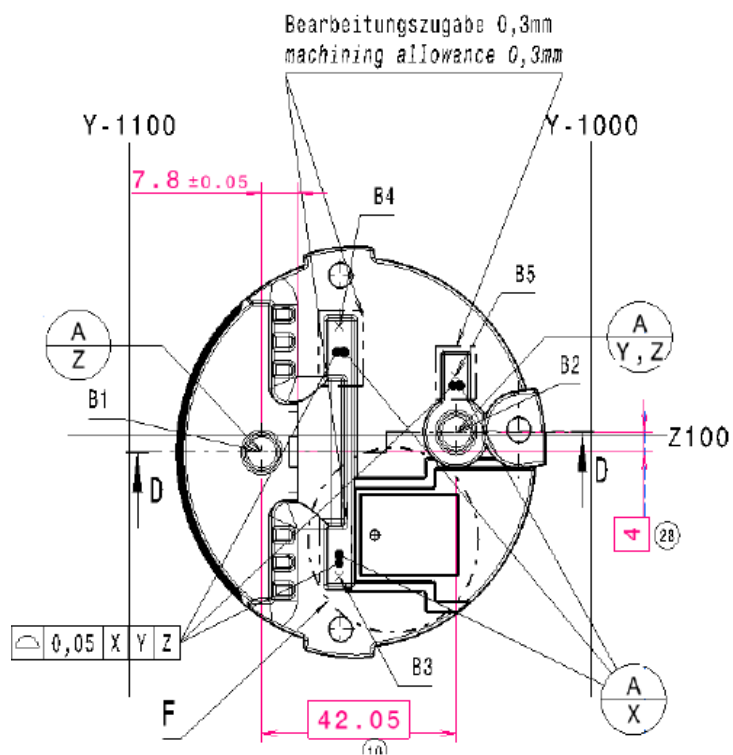
Díry v chladiči v kombinaci s geometrií na reflektoru odeberou všech 6 stupňů volnosti.



Obrázek 43 - výkres reflektoru, rozměry, tolerance, RPS body



Obrázek 44 - výkres chladiče, rozměry, tolerance



Obrázek 45 - řez chladičem, rozměry, tolerance, RPS body

Koncept v tomto příkladu je bez možnosti nastavení, pevná vzájemná poloha. Na chladiči je v definované oblasti přídavek materiálu 0,3 mm pro frézování.

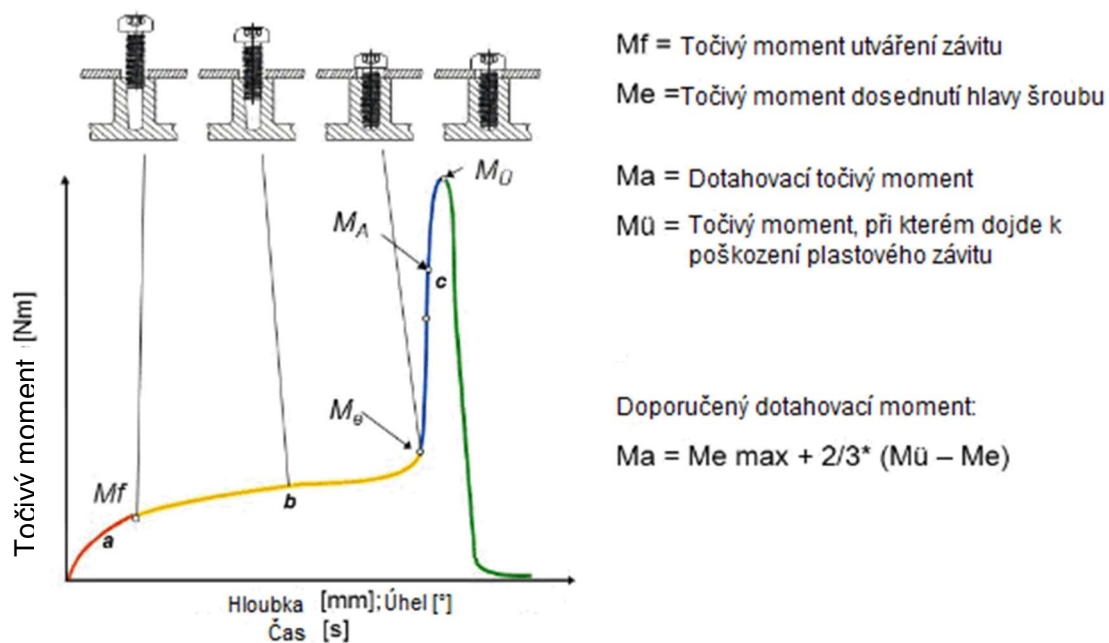
4.2 Vlivy montáže

Montáž, stejně jako i výroba, hraje významnou roli v poslední fázi výrobního procesu. Požadavky na kvalitní montáž jsou rovnocenné požadavkům na montované zařízení, neboť nekvalitní montáží znehodnotíme i kvalitní a přesně vyrobené díly. Z těchto důvodů je potřeba se zabývat problematikou montáže aktivně a hledat příležitosti ke snižování nákladů. Toho se dosáhne vhodnou automatizací a mechanizací montážního procesu, konstrukčním návrhem, členěním na vhodné montážní skupiny a podskupiny a také například použitím typizovaných a unifikovaných součástí. Montážní náklady, v důsledku nevhodně zvolené konstrukce, mohou výrazně zvýšit výrobní náklady hotového výrobku. [15]

V případě montáže tak složitého výrobku, jakým je světlomet automobilu, není jednoduché všechny úkony automatizovat a mechanizovat. Technologičnost konstrukce a způsob nastavení reflektorů a jejich chladičů se zdroji světla LED by měl být takový, aby se dal snadno automatizovat. Vhodné by bylo nalezení takového konstrukčního řešení nastavování, které by bylo typizované a unifikované. To by bylo i velkým přínosem pro zjednodušení montáže.

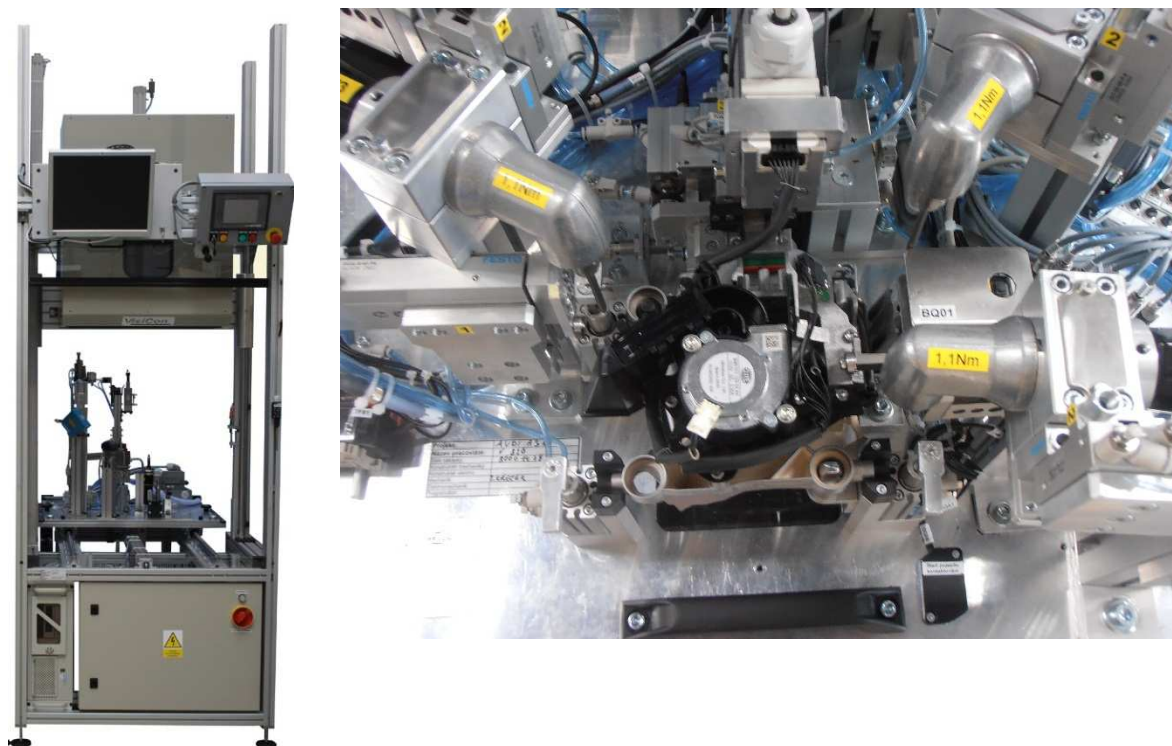
V ideálním případě by v montážním procesu zafixování reflektoru vůči LED mělo být provedeno bez použití šroubů, jelikož točivý moment a síly ve směru utahování negativně ovlivňují vzájemně nastavenou polohu. Při montáži se používají šroubové spoje s předpětím realizovaným samořeznými šrouby o průměru 2,8 až 5 mm. Nepoužívají klasické závity, ale atypické profily optimalizované pro použití v plastech. Jde o 4 typy: PT, Delta – PT, Hi – LO a KT. Tyto závity jsou použity z důvodu optimalizace silového namáhání dómu šroubu. Minimalizace radiálních složek sil má za následek zmenšení namáhání dómu šroubu, navýšení axiálních složek sil je vhodné pro „odtok“ materiálu kolem jádra šroubu. Při momentovém šroubování se vychází z předpokladu závislosti točivého momentu a svěrné síly. Tato metoda je efektivní a výkonná, ale při šroubování do plastového dílu má i negativa. Nastavený točivý moment nezaručuje konstantní předepínací sílu z důvodu tolerancí geometrie profilu závitu šroubu a tolerancí dómu šroubu.

Při montáži je také potřeba dodržet pravidlo 3 – 2 – 1, je – li dodrženo, těleso není deformováno během montáže, či během ustavování. Není – li dodrženo, těleso může být deformováno během montáže, či během ustavování. Těleso je poté přeurčené, či nedourčené.



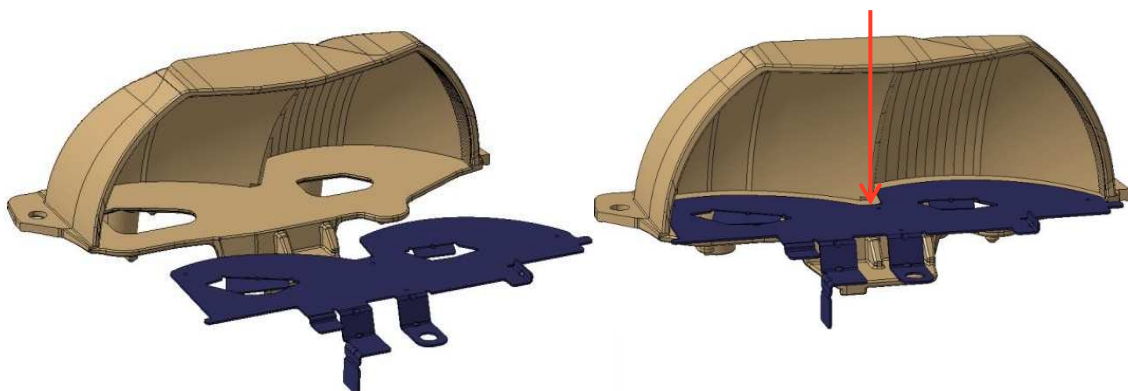
Obrázek 46 – závislost mezi točivým momentem a hloubce zašroubování šroubu [20]

Kontrola a nastavení světelného obrazu - nastavení LED vůči reflektoru, se provádí u některých konceptů na přístroji Visicon, který je zařazen v lince. Přes Fresnelovu čočku je světelný obraz promítnut na plochu, kde je snímán a vyhodnocován kamerou.



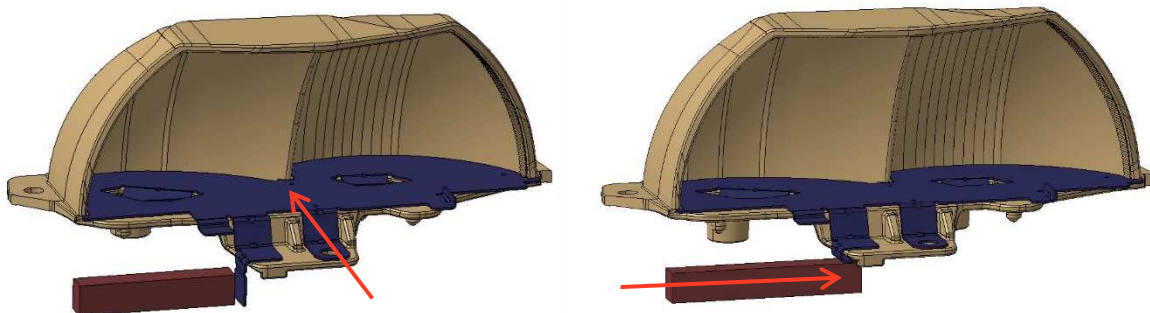
Obrázek 47 - Visicon (vlevo), přípravek na reflektor na Visiconu (vpravo)

4.2.1 Příklad postupu montáže podsestavy tlumeného světla



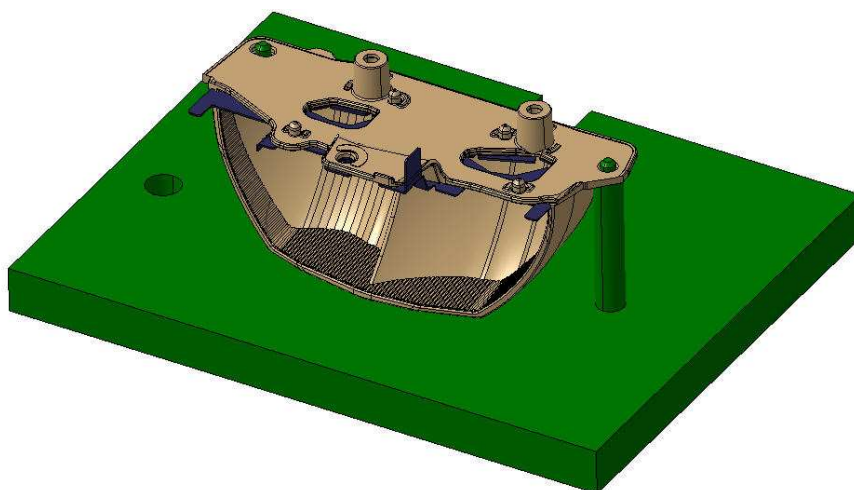
Obrázek 48 - reflektor, založení plechu

Vložení ochranného plechu ve směru osy „x“ do horního reflektoru dokud zahnutá oblast nezapadne do výřezu. Pohyb plechu v ose „z“ na kontakt povrchu plechu a reflektoru.

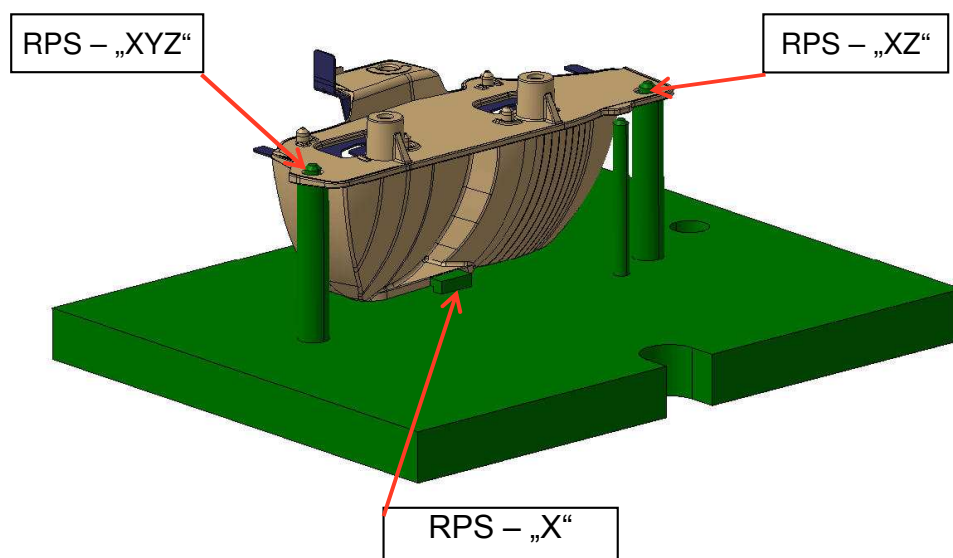


Obrázek 49 - reflektor, zajištění plechu

Posunutí ve směru osy „x“ do koncové polohy. Zahnutí dolní části plechu pro zajištění.

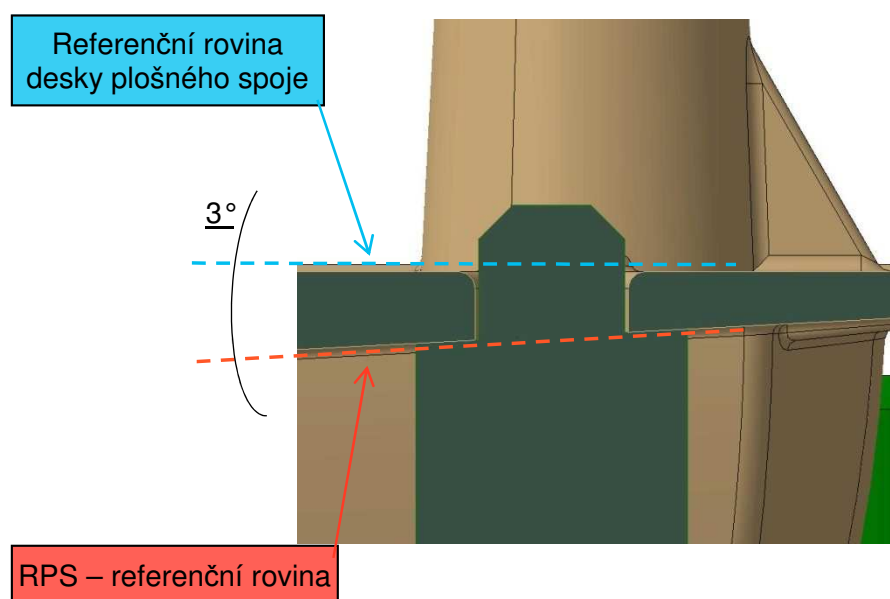


Obrázek 50 - vložení reflektoru tlumeného světla do montážního přípravku

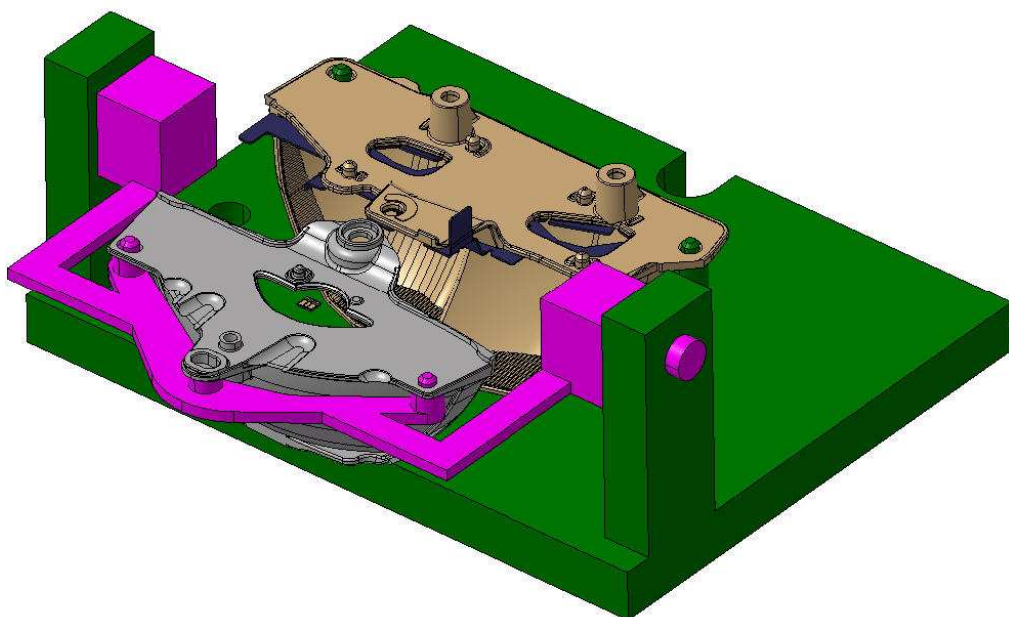


Obrázek 51 - reflektor, RPS

Opěrné body na přípravku odpovídají referenčním bodům reflektoru.

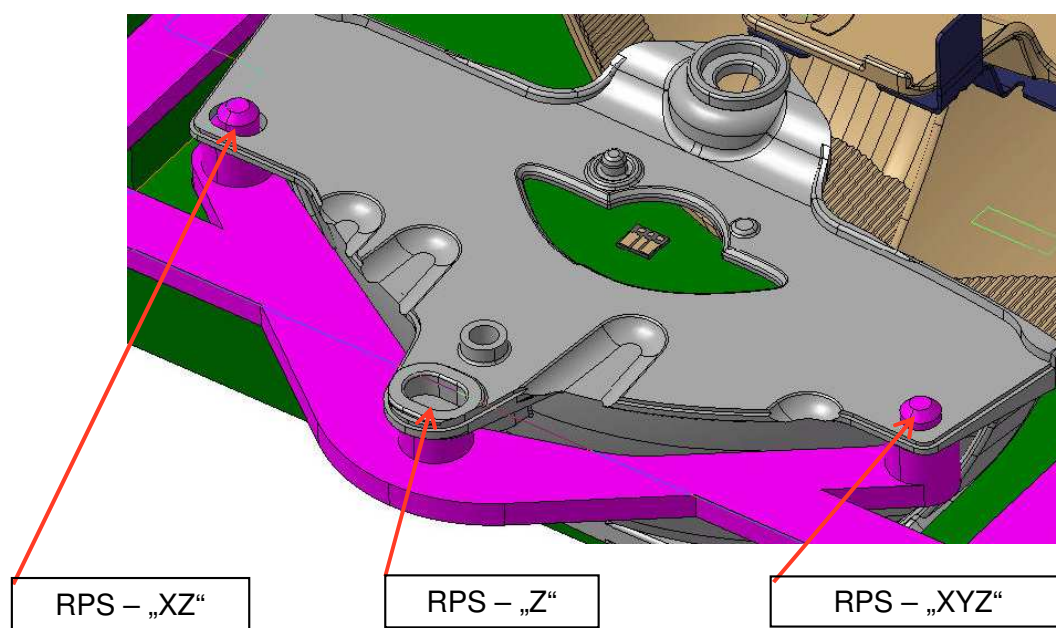


Obrázek 52 - řez RPS systémem

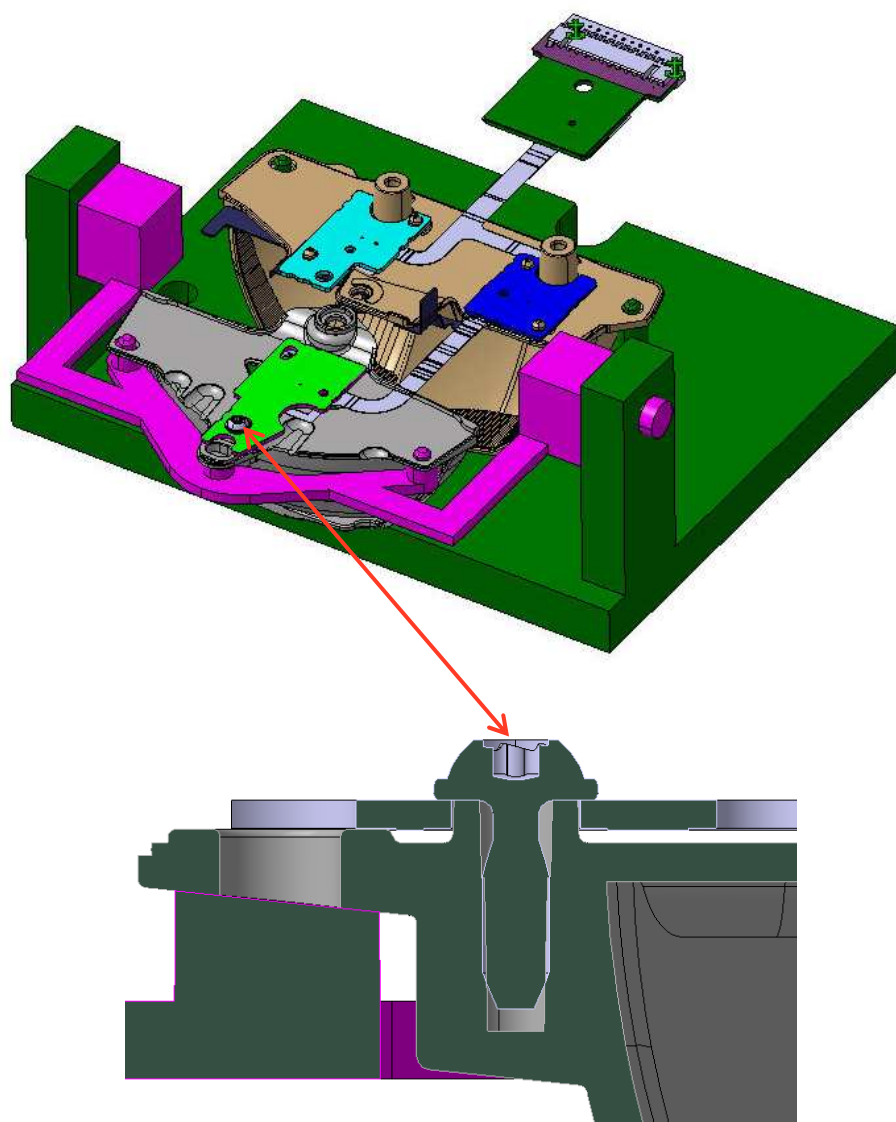


Obrázek 53 - založení druhého reflektoru

Vložení reflektoru pro dálkové světlo a vertikální hranici tlumeného světla do montážního přípravku.

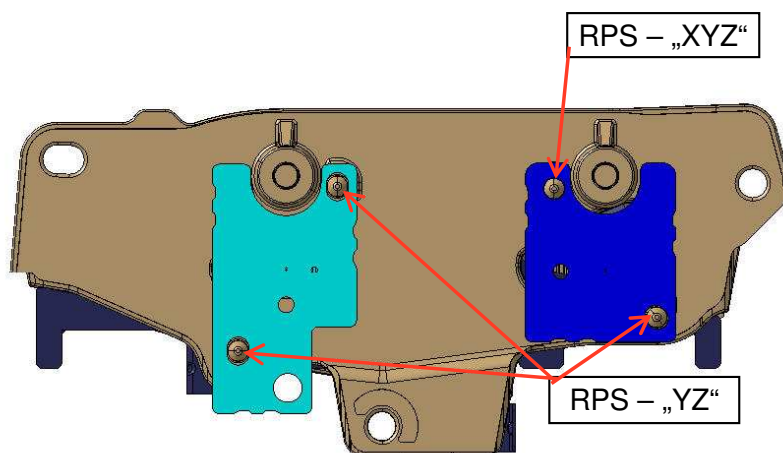


Obrázek 54 - popis RPS druhého reflektoru

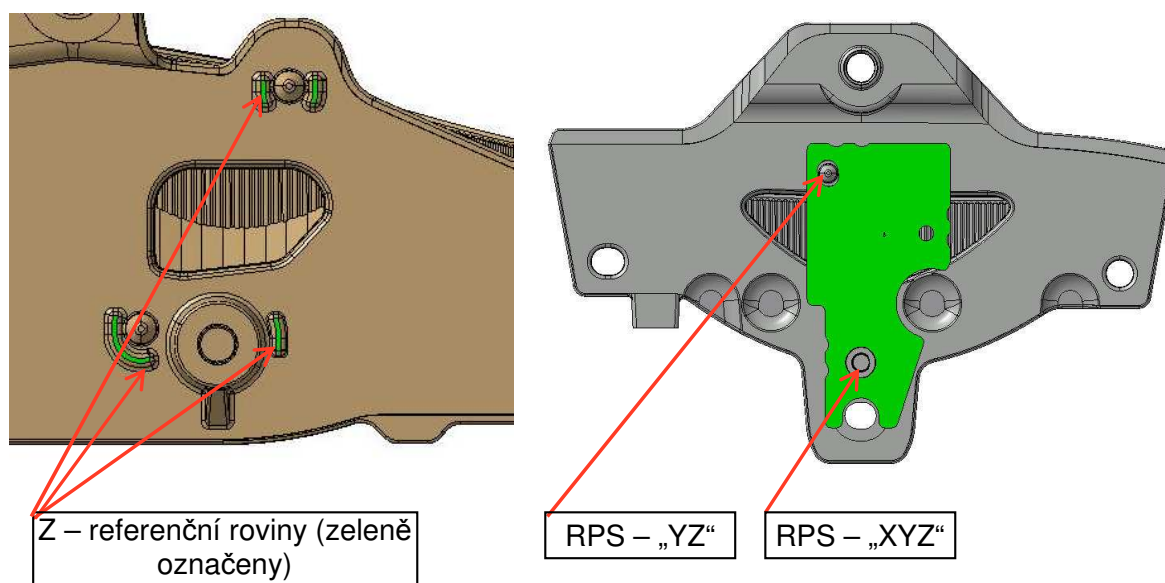


Obrázek 55 - založení a zajištění PCB

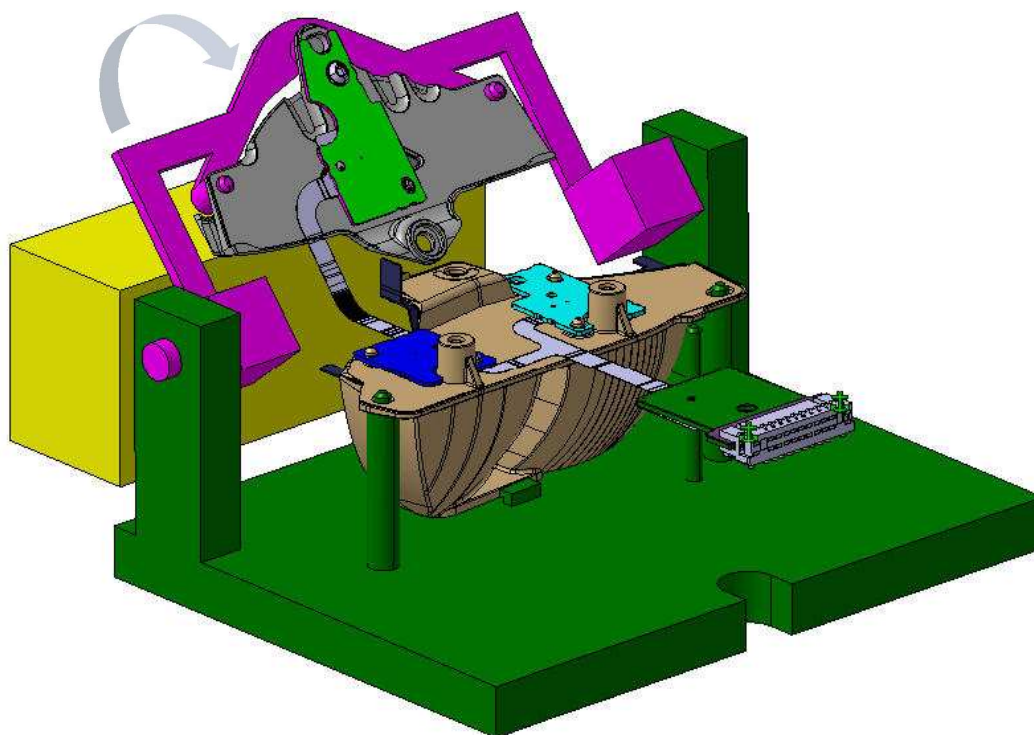
Založení skupiny plošných spojů s LEDkami a zajištění polohy PCB desky dálkového světla šroubem.



Obrázek 56 - RPS body reflektoru pro desky plošných spojů s LEDkami

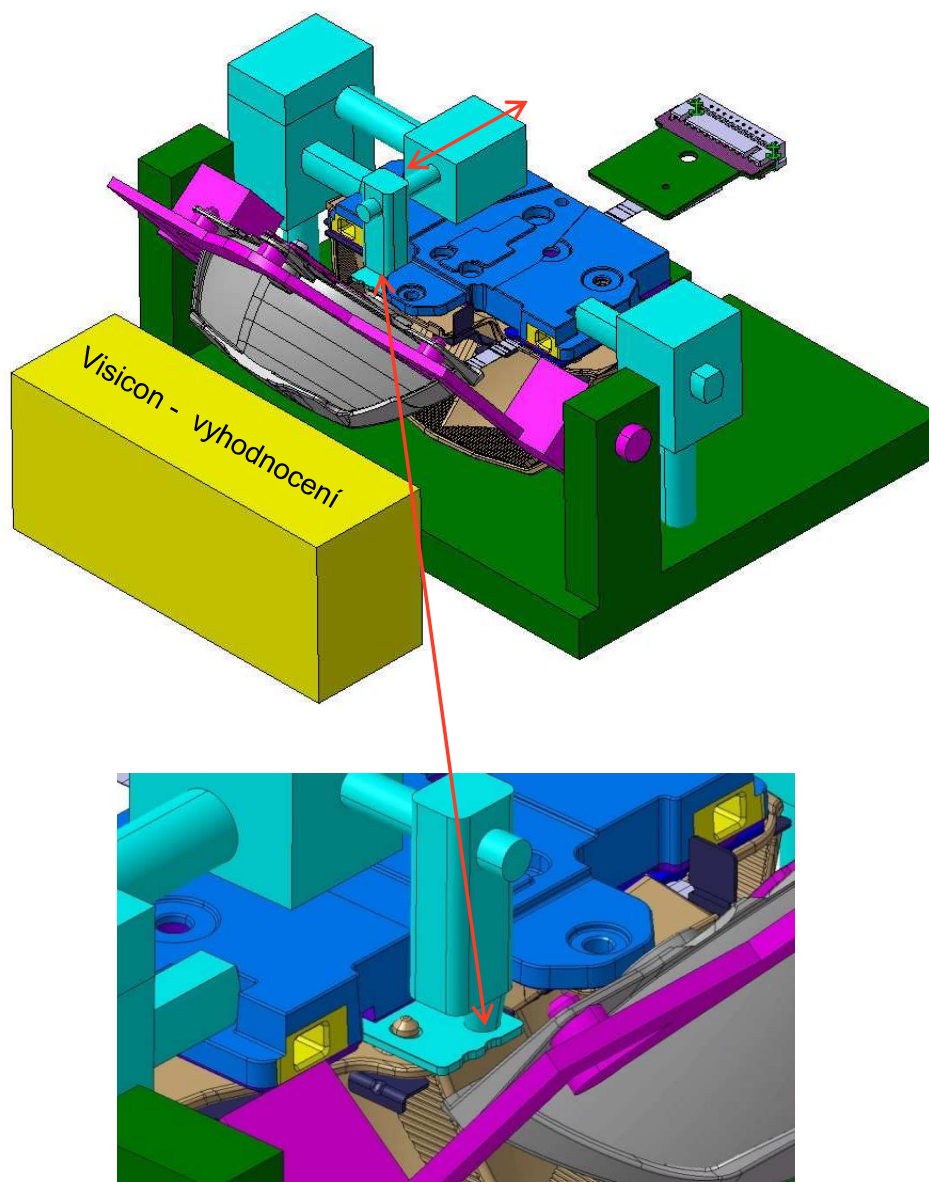


Obrázek 57 - RPS pro PCB tlumeného a dálkového reflektoru



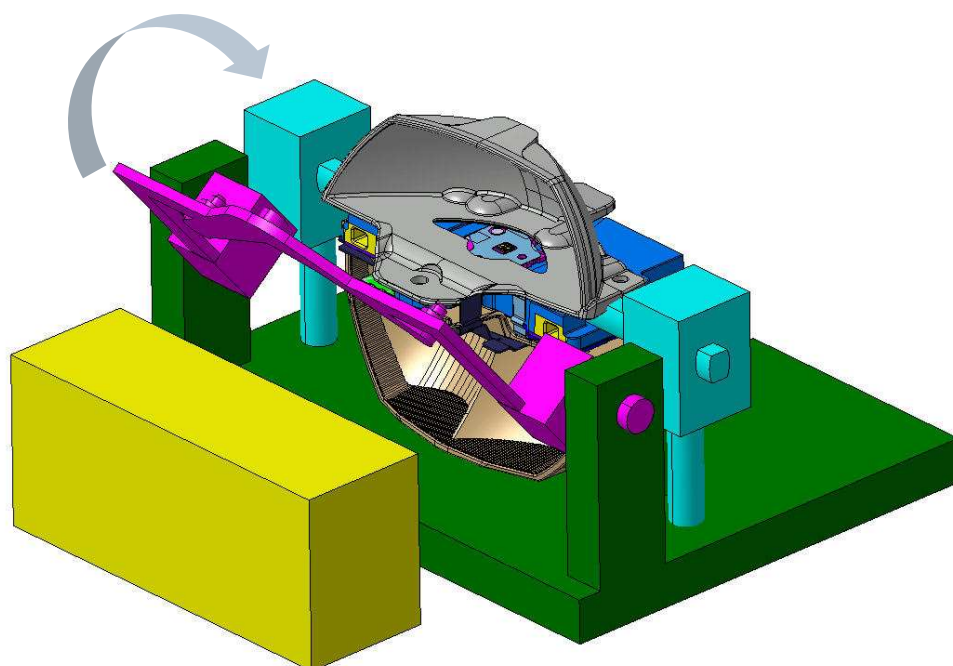
Obrázek 58 - příprava pro založení chladiče

Dalším krokem je přizvednutí jednoho z reflektorů a vložení chladiče. Chladič je po dobu nastavování LED nepřišroubován. Požadovaného přtlaku je dosahováno jeho přitlačováním pružinou.



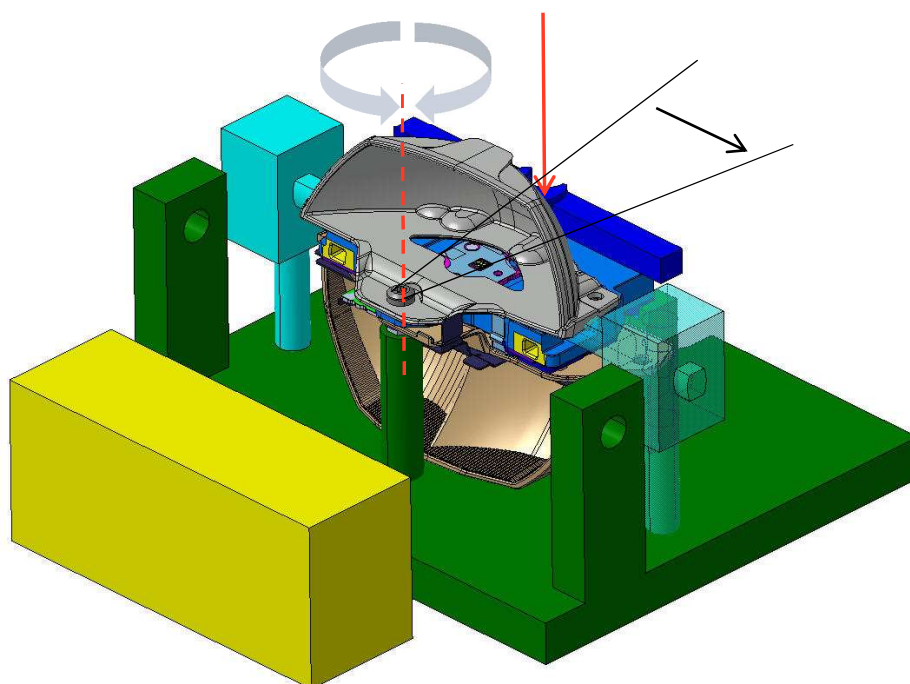
Obrázek 59 - nastavování polohy PCB s LED

Po vložení chladiče je tlumený reflektor rozsvícen a nastavena (zaostřena) deska plošných spojů s LED (tvořící symetrii), pohybem ve směru osy „x“. Rozsah pro nastavení je $\pm 0,5$ mm. Chod přípravku v krocích 0,03 mm. Po zaostření se chladič utáhne dvěma šrouby. Tím je zafixována poloha LEDek. Točivý moment vzniklý utahováním šroubů musí být zachycen přípravkem, aby nedošlo k ovlivnění nastavené polohy.



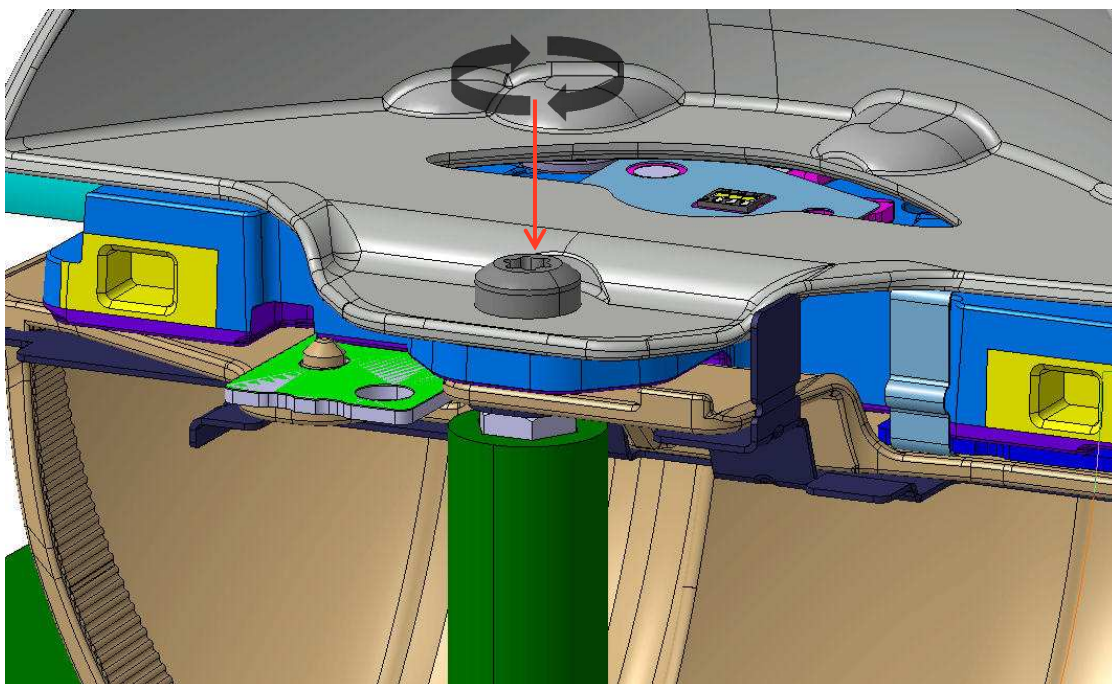
Obrázek 60 - založení reflektoru

Přidání reflektoru dálkového světla. Uchycení 2 šrouby, vepředu a vzadu, prozatím bez finálního dotažení pro možnost nastavení reflektoru.



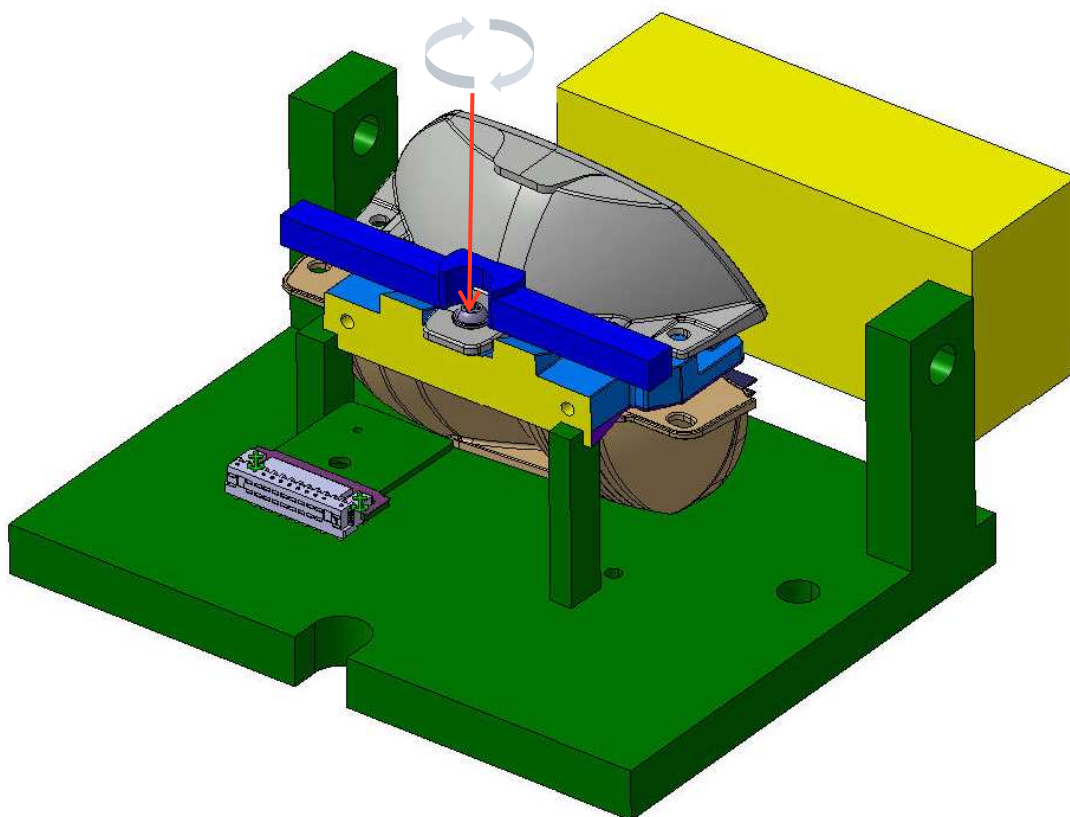
Obrázek 61 - nastavení reflektoru

Přípevnění vyměnitelné podpory v ose „z“. Nastavení dálkového reflektoru se provádí jeho rotací kolem předního šroubu, vyhodnocení na Visiconu. Při rotaci působí na reflektor přtlak v ose „z“.

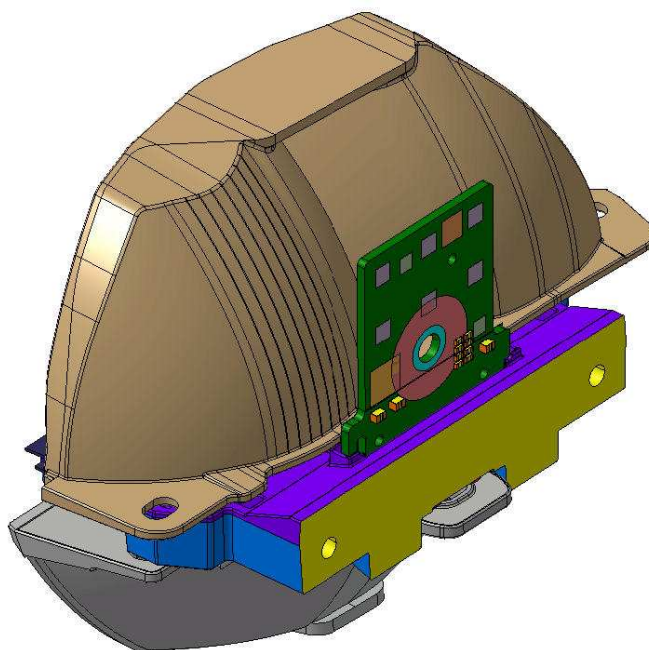


Obrázek 62 - zafixování reflektoru

Přidání matice a zafixování reflektoru při zachování nastavené pozice.

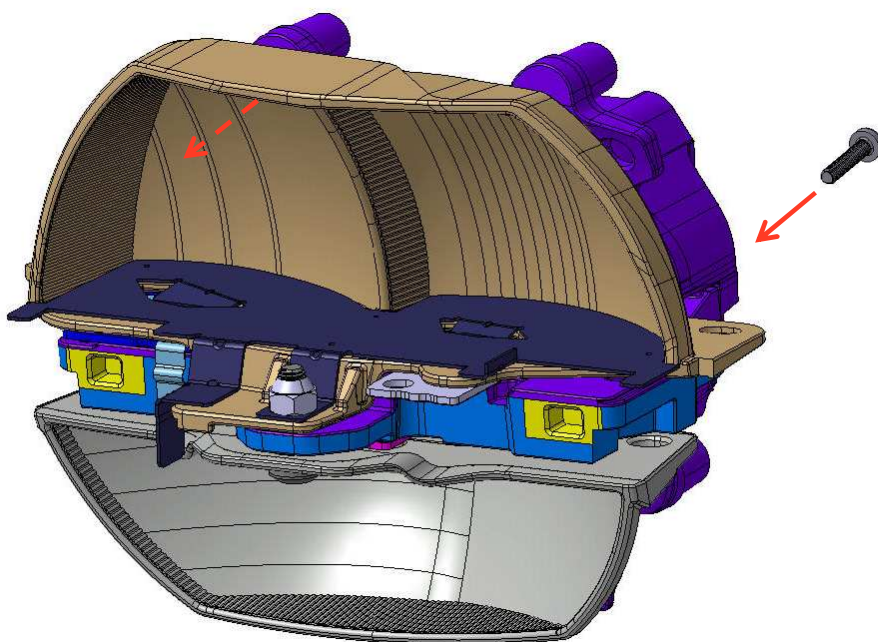


Obrázek 63 - zafixování reflektoru 2



Obrázek 64 - založení PCB

Vložení desky plošného spoje do parkovací pozice v chladiči, která umožňuje lepší manipulaci, než dojde k montáži 2. části chladiče.



Obrázek 65 - přišroubování druhé části chladiče

Jak je z postupu patrné, není jednoduché montáž zcela automatizovat. Velký podíl na montáži mají stále lidé.

5 Zhodnocení a doporučení pro praxi

Jednotlivé koncepce řešení nastavování LED vůči reflektoru jsou hodně závislé na designu světlometu od zákazníka. Při teoretické hodnotě ohniskové vzdálenosti zdroje světla vůči optickým plochám větší jak 15 mm, je možné použít i řešení bez nastavování, jelikož při této vzdálenosti mají výsledné tolerance v řetězci LED, chladič, reflektor, optické plochy, lakování, šrouby, menší vliv na výsledný světelný obraz. Nenastavovat by bylo velkým přínosem a zjednodušením i v procesu montáže. Díky často minimalistickému designu reflektorů nelze tuto hodnotu ohniskové vzdálenosti splnit a je nutné nastavovat.

Nastavování probíhá ve směru, který má z hlediska tolerancí největší vliv na světelný obraz. Bylo by vhodné nalézt unifikované konstrukční řešení, které by bylo použitelné u co největšího počtu světlometů a dalo by se jednoduše automatizovat při montáži na přístroji Visicon. Podíl výroby celo – LEDkových světlometů neustále stoupá a nebude do budoucna možné a ani ekonomické, nastavovat skupinu LED s chladičem vůči reflektoru ručně, jak se v současné době u některých konceptů děje. Konstrukce nastavování by měla splňovat požadavek, aby uchycení reflektoru a chladiče s LED bylo bez použití šroubů, jelikož jejich utahování může negativně ovlivnit vzájemně nastavenou polohu. Spoj bez použití šroubů by byl i ekonomickým přínosem. Na druhou stranu musí být zajištěno uchycení, které vydrží simulace dynamické zátěže při provozu, tzv. vibrační zkoušku, která představuje hlavní test předpokládané životnosti světlometu. A to i bez negativních vlivů na chvění světelného obrazu.

Za úvahu by stálo i připevňování PCB s LEDkami přímo na reflektor (viz. BMW F30 koncept), čímž by se zkrátil toleranční řetězec. V tomto případě je ale nezbytně nutné zajistit dobrý kontakt mezi PCB a chladičem pro správný odvod tepla.

Dalším velice důležitým faktorem je správně definovaný RPS systém celého optického konceptu. Nevhodně zvolený RPS může negativně ovlivnit výrobu, měření i montážní proces. Stejně tak důležitá je i správně provedená toleranční analýza.

6 Závěr

Rozmanitost a svoboda stylingu světlometů při použití tak malých světelných zdrojů, jako jsou LED, je velká. Poměr objemů výroby celo - LEDkových světel vůči konvenčním (žárovky, xenon) se neustále zvyšuje a ne jinak tomu bude i do budoucna. Tlak na automobilky v oblasti snižování emisí CO₂, spotřeby, klesající cena LED čipů i dalších komponent a držení kroku s nejmodernějšími technologiemi tomuto trendu ještě nahrávají. Proto je potřeba nepodcenit tuto situaci a intenzivně se problematikou zabývat.

Práce je rozdělena na 2 částí. Teoretická část se zabývá obecně světlem, jeho zdroji v automobilovém průmyslu, způsoby, jakými se světelný obraz přenáší na vozovku a legislativou v oblasti osvětlení.

Praktická část se zabývá konkrétními koncepty celo – LEDkových světlometů, jejich konstrukční analýzou, druhy a problematikou chladičů, montáží, včetně detailního postupu montáže jednoho z konceptů a obecnými předpoklady pro další uplatnění v praxi.

Cílem při splnění všech podmínek a předpokladů by mělo být takové konstrukční řešení, které je ekonomické, opakovatelné, spolehlivé, technicky nejjednodušší a s možností automatizace případného nastavování v sériové produkci.

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval Ing. et Ing. Mgr. Janě Petřů, Ph.D. za vedení mé diplomové práce a cenné připomínky. Děkuji taktéž Ing. Zbyňkovi Pavelkovi a Ing. Oldřichovi Novotnému za cenné rady při tvorbě této práce.

7 Použitá literatura

- [1] Světlo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btlo>
- [2] Světlo jako elektromagnetické vlnění. In: *Http://www.soubce.cz/* [online]. [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.soubce.cz/ucitel/vlachova/otazkyFE/22.pdf>
- [3] STANÍK. *Osvětlení vozidel*. Brno, 2013.
- [4] VEJBOR, Petr. Základní informace o světelných zdrojích používaných při montáži světlometů. Mohelnice, 2003.
- [5] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – halogenové žárovky. [online]. 2008, č. 05 [cit. 2014-02-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-halogenove-zarovky-37973.html>
- [6] DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje – halogenidové výbojky. *Světelné zdroje – halogenidové výbojky (část 1)* [online]. 2009, č. 01 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetelne-zdroje-%E2%80%93-halogenidove-vybojky-cast-1-38556.html>
- [7] RÖBBECKE, Hubertus a Matthias KNOCH. *Projekční moduly LE-11*. Mohelnice, 2010.
- [8] PUŽMANOVÁ, Rita. LED – světlo budoucnosti. LED – světlo budoucnosti [online]. 2009, č. 05 [cit. 2014-03-02]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39813
- [9] MARTÍNEK, M. *Osvětlovací technika moderních vozidel a měření dohlednosti na dosvit hlavních světlometů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2011. 126 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
- [10] ŽALUDOVÁ, Lenka. *VNĚJŠÍ OSVĚTLENÍ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ* [online]. Praha, 2010 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://k622.fd.cvut.cz/downloads/BK_zaludova_2010.pdf. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [11] KUTÁČ, Martin. HELLA AUTOTECHNIK NOVA S.R.O. *Základy optických systémů světlometu*. Mohelnice.

- [12] KOCIÁN, Martin. Současný stav a vývoj mezinárodních předpisů pro osvětlení automobilů. *Mezinárodní předpisy a homologace výrobků* [online]. 2001, č. 04 [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22897
- [13] VANÍK, František a Vilém HOLEČEK. *Světlomety a elektronika světlometů* [online]. 2010 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/SvetlometyUvod.pdf>
- [14] HELLA ENGINEERING INDIA. *Design methodology Reflector*. Chennai, 2011.
- [15] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. Základy montáže [online]. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO [cit. 2014-04-06]. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [16] OLIVÍK, Marek. HELLA AUTOTECHNIK NOVA S.R.O. LED technologie. Mohelnice, 2009.
- [17] Vývoj vozu – Konstrukce. In: *Auto.cz* [online]. 2006 [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: <http://fea.blog.auto.cz/2006-09/konstrukce/>
- [18] DIRK, Bösch. HELLA KGAA HUECK & CO. *Heat sink design*. Germany, 2010.
- [19] TILL, Vladimír. HELLA AUTOTECHNIK NOVA S.R.O. *RPS Training*. Mohelnice, 2014.
- [20] HAHN, Matthias. HELLA KGAA HUECK & CO. Knowledge-based database: Screw connection. Germany, 2010.